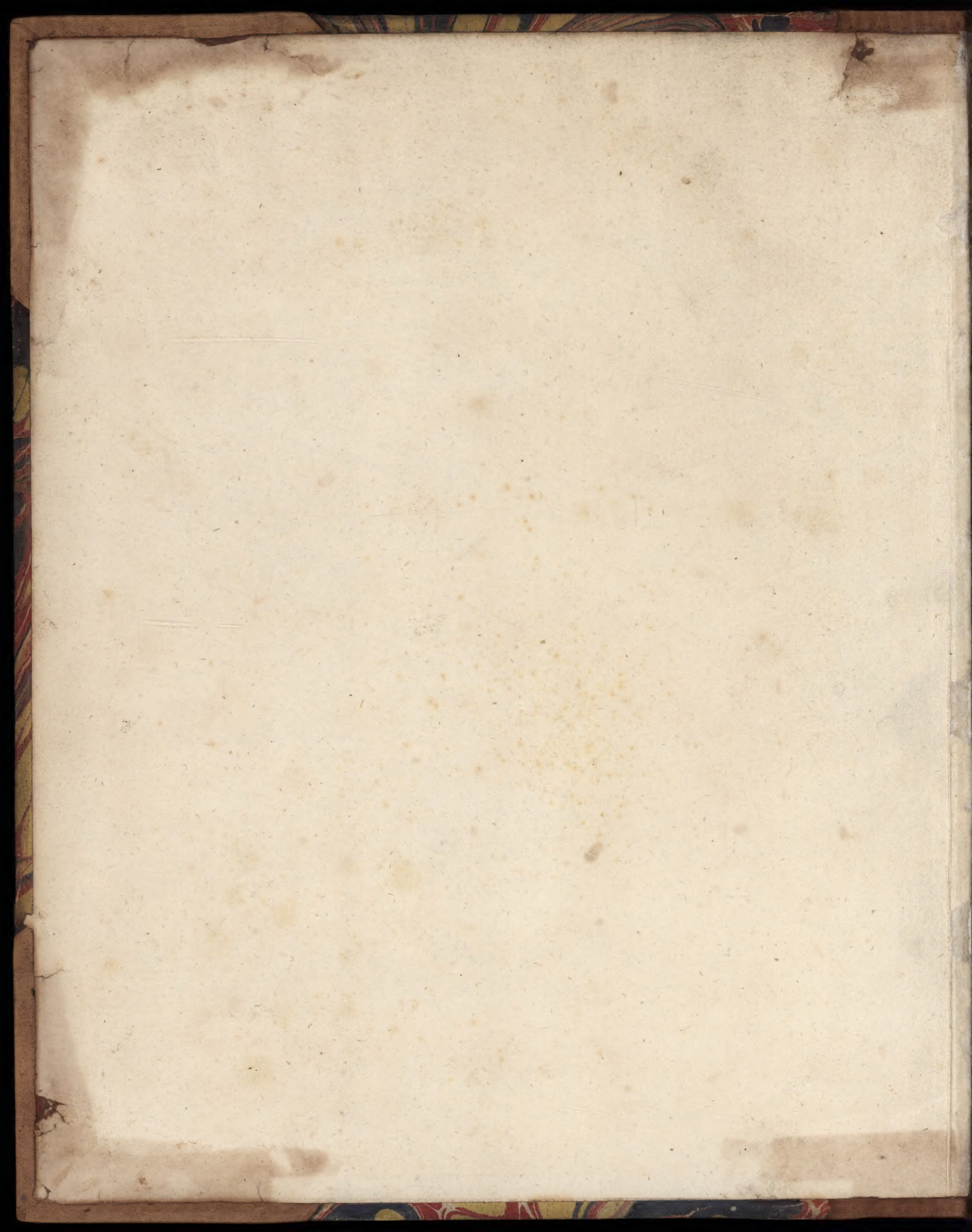
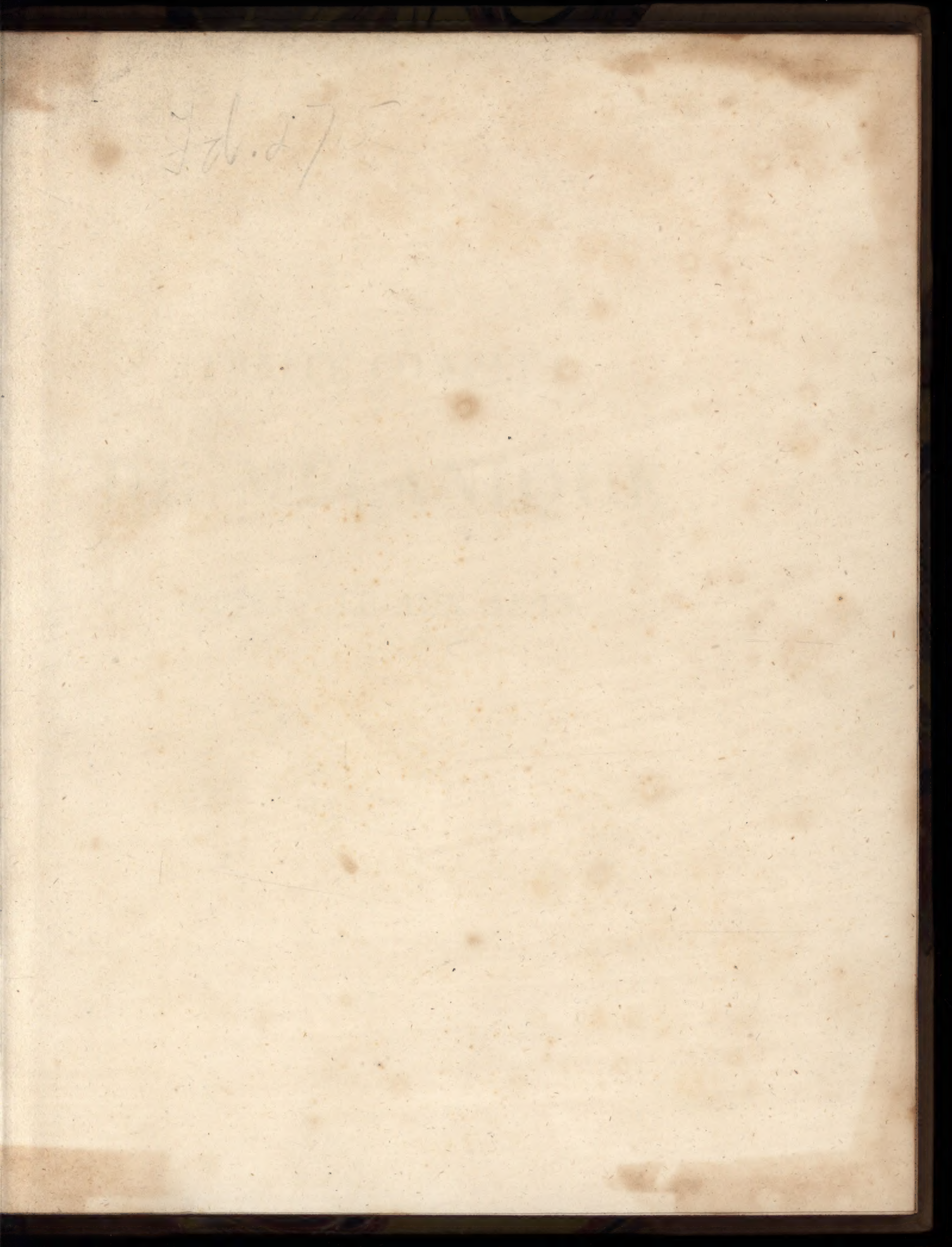
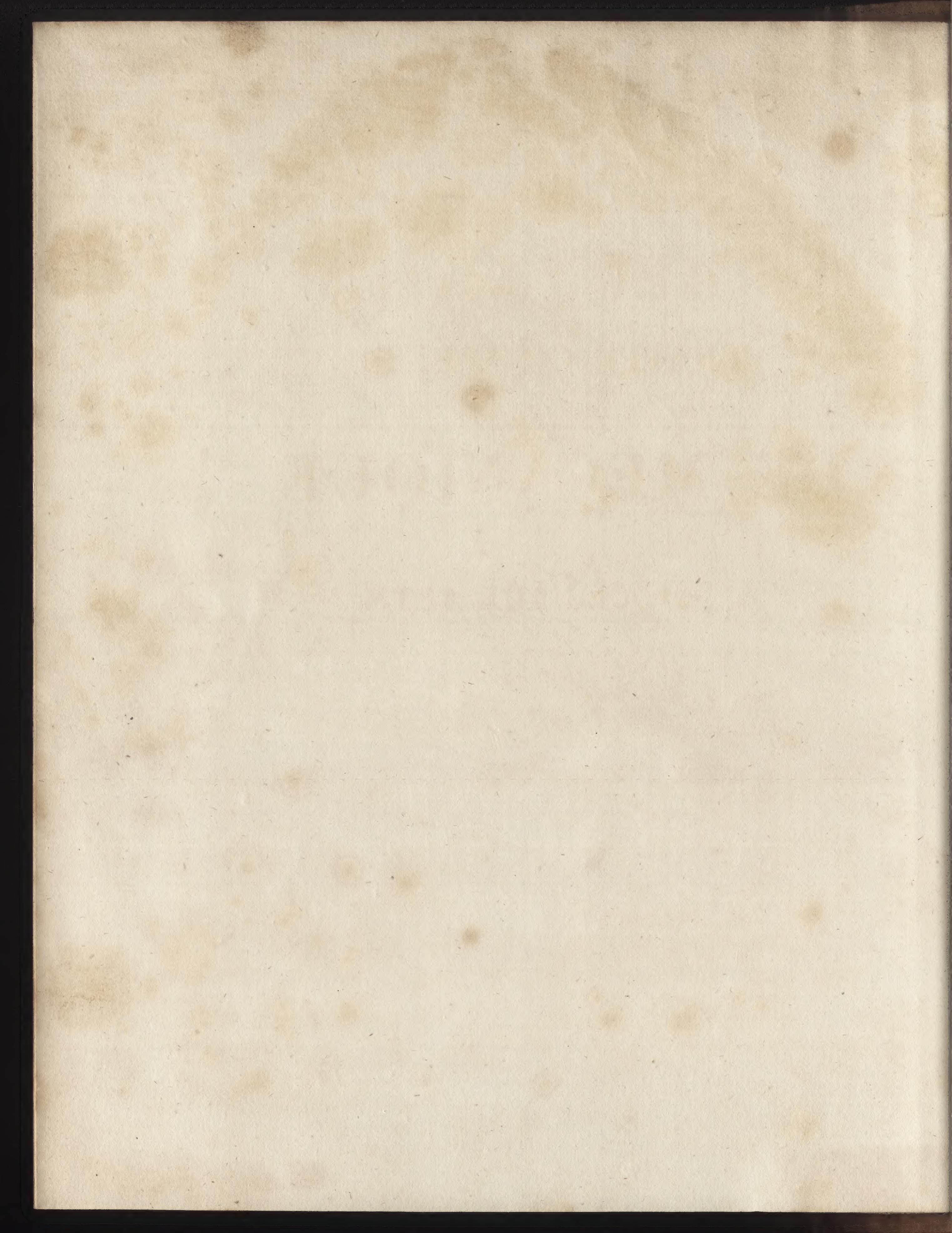








TRAITÉ COMPLET
DE MÉCANIQUE
APPLIQUÉE AUX ARTS.

IMPRIMERIE DE FAIN, RUE DE RACINE, PLACE DE L'ODÉON.

TRAITÉ COMPLET
DE MÉCANIQUE
APPLIQUÉE AUX ARTS,

CONTENANT l'Exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines;

PAR M. J.-A. BORGNIS,
INGÉNIEUR ET MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES.

Des Machines employées
Dans les Constructions diverses.

PARIS,
BACHELIER, LIBRAIRE, QUAI DES AUGUSTINS.
1818.

PRÉFACE.

La mécanique appliquée aux arts n'est qu'une partie de la technologie, science immense, qui renferme le domaine entier de l'industrie humaine. Cette science, comparable à l'histoire naturelle par son étendue et son utilité, est trop vaste pour être cultivée dans toutes ses parties par un seul homme; aussi elle se subdivise en trois grandes branches, chacune desquelles a une multitude de rameaux secondaires, tous très-importans.

Les trois branches principales de la technologie sont : 1°. l'architecture technique; 2°. la mécanique appliquée aux arts; 3°. la chimie usuelle.

J'appelle *architecture technique* celle qui détermine les formes et les ornemens des diverses productions de l'industrie; comme les autres espèces d'architecture, elle a pour base le dessin; soumise, comme elles, aux règles de convenance, de proportion, d'eurythmie, de symétrie, son but principal est de remplir avec simplicité, économie et solidité toutes les conditions exigées par la destination de chaque objet. Elle dédaigne ce qui est superflu; car elle sait que la surabondance s'allie difficilement avec la beauté réelle.

La mécanique appliquée aux arts, et la chimie usuelle, dirigent conjointement l'exécution des objets dont l'architecture technique a fixé la configuration.

L'architecture technique est une branche particulière des arts libéraux, et elle a dû éprouver les mêmes révolutions, déchoir avec eux, se relever en même temps, et les suivre constamment dans les fluctuations auxquelles ils ont été assujettis à différentes époques. Cette vérité est démontrée d'une manière indubitable par les monumens et par les restes précieux de l'industrie antique. Nous voyons, en les examinant, qu'à l'époque où la sculpture et l'architecture civile, arrivées au plus haut point de perfection, produisaient ces admirables chefs-d'œuvre qu'on a imités, sans pouvoir jamais les surpasser, l'architecture tech-

nique produisait de son côté ces magnifiques candelabres, ces beaux vases, ces élégans trépieds, devenus maintenant les modèles des meubles les plus somptueux qui décorent nos salons modernes.

Lorsque ensuite la sculpture et l'architecture sacrifièrent la beauté des formes, l'élégance de la distribution à une multiplicité d'accessoires insignifians, l'architecture technique fit de même.

Quand les règles de proportion, de convenance et d'imitation de la belle nature furent oubliées, elle tomba, avec les autres arts libéraux, dans une léthargie complète; elle se réveilla avec eux, et elle reprit une partie de son antique vigueur dans le beau siècle des Médicis et de Léon X.

Elle se soutint jusqu'au moment où le mauvais goût fut ramené en Italie par *Borromini* et *Bibiena*, et en France par *Oppenord;* alors, les meubles et les ornemens de toutes les espèces, surchargés de courbes onduleuses, hérissés d'angles, ne présentaient plus que des formes aussi incommodes que vicieuses.

Les artistes, enfin, dégoûtés des faux systèmes qui les avaient égarés, se remirent sur le bon chemin, et prirent pour guide l'imitation de la belle nature et l'étude des anciens; les belles formes antiques devinrent les modèles que nos manufacturiers adoptèrent, et ce fut par l'élégance de ces modèles, combinés avec la perfection des procédés techniques, qu'ils assurèrent une supériorité incontestable à plusieurs branches de l'industrie française, et notamment à l'orfévrerie, aux porcelaines, aux bronzes dorés et aux meubles en général.

L'architecture technique a fait, depuis quelques années, de grands progrès en France; mais a-t-elle entièrement secoué le joug du mauvais goût? Je ne le crois pas; on reconnaît par des signes non équivoques que le mauvais goût n'a pas cessé de régner. On le reconnaît, dis-je, par ces alliances incohérentes des genres les plus disparates, du grec, par exemple, et du gothique; de l'égyptien et de l'étrusque; par cet oubli fréquent des

proportions; par l'emploi inconsidéré des ordres d'architecture, qu'on adapte aux objets auxquels ils conviennent le moins, et surtout par les altérations si condamnables de ces mêmes ordres, altérations qui ne se distinguent de celles qu'on se permettait dans les siècles les plus barbares, que par la beauté des ornemens accessoires.

Le bon goût a néanmoins remporté des avantages signalés sur son antagoniste, mais la lutte n'est pas finie; celui-ci se débat encore avec vigueur, et il a un puissant auxiliaire, qui, tôt ou tard, déterminera en sa faveur la victoire, et lui assurera la prépondérance. Quel est donc ce redoutable champion qui combat si vaillamment en faveur du mauvais goût? Oserai-je le nommer? Oserai-je m'exposer au ressentiment du beau sexe? C'est la *mode*, avec son cortége habituel, le caprice et l'inconstance.

Dans les arts mécaniques, le dessin et l'exécution ne sont point soumis aux mêmes causes influentes. L'un suit, comme nous venons de le dire, l'impulsion de la mode; l'autre n'envisage que l'économie et la perfection de la main d'œuvre. La marche du premier est irrégulière, et plus souvent rétrograde que progressive; la seconde, dirigée constamment vers le même but, n'abandonne point le chemin direct; car elle ne saurait s'en éloigner sans blesser grièvement l'intérêt, premier mobile de l'industrie.

L'*exécution* et les procédés techniques ne peuvent ni déchoir, ni se perdre, si la branche d'industrie à laquelle ils appartiennent ne cesse d'être fructueuse.

Les différentes branches d'industrie se divisent en deux espèces; les unes dépendent uniquement de la mode, ou de certaines coutumes sujettes à changer et à tomber en désuétude; les autres sont intimement liées avec la civilisation et la population, avec l'opulence et le luxe, qui en sont les résultats. Celles de la première espèce n'ont qu'une existence éphémère; celles de la seconde, au contraire, ne peuvent devenir infructueuses, et conséquemment elles ne peuvent ni décliner, ni tomber, sans que l'opulence et le luxe ne déclinent et ne tombent

également; de sorte que, si l'on démontrait que l'opulence et le luxe n'ont pas cessé d'exister dans une nation depuis une époque déterminée, on pourrait en conclure que les branches d'industrie qu'on y a cultivées, non comprises dans la première espèce ci-dessus indiquée, et les procédés techniques qui en dépendent s'y sont conservés, et même qu'ils s'y sont perfectionnés; car l'intérêt qui s'oppose à leur détérioration les pousse continuellement, et les excite à s'améliorer.

Je crois, en général, qu'on peut affirmer que si des procédés techniques anciens ont éprouvé le même sort qu'une foule d'inventions modernes, qui encombrent en pure perte les recueils de machines, et qui augmentent le nombre des brevets sans que la société ni les inventeurs éprouvent aucun profit; c'est que, comme ces dernières, ils étaient ou surperflus ou défectueux.

Les arts mécaniques peuvent être comparés à de beaux arbres dont le tronc acquiert des accroissemens continus en dimension et en solidité, tandis que les branches éprouvent, suivant les saisons, des variations périodiques, et nous montrent tour à tour un agréable feuillage, des fleurs élégantes, des fruits à la fois savoureux et beaux, et ensuite se dépouillent de tous leurs ornemens, et nous laissent voir une désagréable nudité. L'image du tronc est appropriée à la série des procédés techniques, qui, de génération en génération, ne cessent d'augmenter en nombre et en perfection; celle des branches changeant de parure, suivant les saisons, au dessin, qui, subordonné aux caprices de la mode, est dans un état de fluctuation perpétuelle.

Les mécaniques appliquées aux arts, et la chimie usuelle, sont destinées à recueillir le grand héritage des procédés techniques, à classer avec ordre cet immense trésor, et à le disposer de telle sorte qu'aucun objet important ne puisse échapper aux recherches des artistes; qu'il leur soit facile de comparer chaque procédé avec ses analogues, et de faire entre eux un choix. Il faut aussi que le génie puisse apercevoir les parties les moins pourvues, et sache où diriger sa fécondante activité.

La mécanique appliquée aux arts se divise en deux parties bien distinctes : dans la première, sont classés tous les élémens des machines ; dans la seconde, les machines complètes. Les parties élémentaires, contenues dans la première partie, sont isolées, dépouillées de tout accessoire, et réduites à leur plus simple expression. Elles sont ainsi réduites pour que l'artiste puisse les comprendre avec facilité, et, après les avoir comprises, qu'il puisse en conserver dans sa mémoire les images distinctes, précises et durables. C'est pour arriver à ce but, que nous avons imaginé la classification contenue dans le volume intitulé : *Composition des machines*.

La seconde partie de la mécanique appliquée aux arts, est bien plus vaste que la première ; elle contient non-seulement toutes les machines dans leur intégrité, mais encore la série des procédés qui leur sont relatifs ; il est évident que la connaissance des machines serait infructueuse, si les moyens d'en faire usage n'étaient connus en même temps.

On peut distribuer toutes les machines en sept séries. La première série renferme celles dont le but est de mouvoir les corps solides ; elles sont décrites dans le volume intitulé : *Mouvement des fardeaux*.

La seconde contient les machines aptes à élever les liquides, et spécialement l'eau ; elles sont désignées par le nom générique de machines hydrauliques.

La troisième série renferme les machines d'agriculture, c'est-à-dire celles qui servent à travailler la terre, et celles qui donnent aux produits du sol les préparations exigées par l'usage auquel on les destine.

Les trois séries suivantes contiennent les machines qui servent aux différentes sortes de fabrication. Elles sont si nombreuses et si importantes, qu'elles n'auraient pu être renfermées dans une seule série. Ainsi la quatrième série contient les machines employées dans les constructions, c'est-à-dire celles dont les quatre architectures, civile, hydraulique, militaire et navale, font usage. Les machines de métallurgie, celles des papeteries,

des tanneries et quelques autres, sont contenues dans la cinquième série. La sixième renferme les machines qui servent à confectionner les étoffes; et la septième, les machines purement amusantes et curieuses.

Nous avons consacré un volume de cet ouvrage à chacune des sept séries. Le présent volume est spécialement affecté à la quatrième; nous allons donner une analyse succincte des matières qu'il contient.

Il est divisé en quatre livres. Le premier livre renferme les machines dont l'architecture civile fait usage, à l'exception de celles qui servent à transporter les fardeaux sur des plans horizontaux ou inclinés, et à les élever verticalement et obliquement, ces sortes de machines ayant déjà été décrites dans le volume intitulé : *Mouvement des fardeaux*.

Il était utile de faire connaître, avant tout, les machines imaginées pour éprouver la force des matériaux, et de rapporter les résultats les plus importans des épreuves faites à l'aide de ces machines, sur les bois, les pierres, les briques, les mortiers et le fer. Nous avons inséré ces résultats dans le premier chapitre, ayant eu soin d'indiquer les auteurs qui donnent de plus amples instructions sur cet important sujet. Nous n'avons point négligé, dans les autres chapitres, de donner de semblables indications toutes les fois que nous les avons jugées utiles.

La fabrication des briques est un objet important surtout dans les pays où l'on en fait un usage presque exclusif. On a reconnu que la fabrication manuelle donne des produits moins parfaits et plus coûteux que ceux qu'on obtient par des procédés mécaniques; nous avons décrit ceux inventés par M. *Hattemberg*, qui sont en usage en Russie, et ceux que M. *Kinsley* emploie avantageusement en Angleterre.

En diverses contrées, la pulvérisation du plâtre et du ciment s'effectue avantageusement à l'aide des machines. On voit, aux environs de Strasbourg et en Égypte, un grand nombre de meules tournantes destinées à cet usage; la Hollande est pourvue de moulins à vent, qui pulvérisent la pierre d'Andernack; nous

avons décrit les unes et les autres, ainsi que deux belles machines employées par *Perronet* à la construction du pont de Neuilly, pour pulvériser le ciment et confectionner le mortier. La description de deux machines à broyer les couleurs, de M. *Molard* et de M. *Hubert*, terminent ce chapitre.

Le chapitre suivant traite des machines à tailler le bois et la pierre, et spécialement des diverses espèces de scies, soit *à bras*, soit *mécaniques*; parmi ces dernières, on distingue celles mues par une roue hydraulique, celles à manége, les scies à vent, les scies à lames sans fin, les fraises ou scies circulaires, celles enfin qui sont aptes à donner une double courbure au bois. On trouve aussi dans le même chapitre l'indication des rabots mécaniques, employés dans l'arsenal de *Wolwich*; les ingénieux procédés de M. *Wright*, pour tailler et forer les pierres; et enfin la machine de *Perronet* pour forer les gargouilles du pont de Neuilly.

Le dernier chapitre du premier livre traite de la polissure; on y trouve d'abord l'indication des *potées* (c'est ainsi qu'on appelle certaines substances à l'aide desquelles on parvient à polir les corps les plus durs); puis la description des procédés employés dans la polissure de l'acier, des glaces, du marbre; et enfin une notice sur la belle manufacture de porphyre d'Elfredalen.

Le second livre, consacré aux machines employées dans l'architecture hydraulique, est divisé en cinq chapitres. Le premier décrit le sondage, c'est-à-dire l'action au moyen de laquelle on reconnaît les couches d'un terrain à diverses profondeurs. Toutes les pièces de la sonde de l'inspection générale des carrières de Paris, et le vérificateur inventé par M. *Baillet*, y sont détaillés.

Dans le second chapitre, nous avons désigné sous le nom de curage tous les déblais que l'on effectue sous l'eau sans épuisement, et nous avons fait connaître les *dragues* à sable et à vase, les louchets, la grande machine à *curer à roues*, celle de Venise à balancier, la machine à chapelet, qui semble mériter la préférence lorsqu'elle est construite avec solidité, et le moulin à draguer de Rochefort. Nous avons indiqué aussi une nouvelle

méthode (que nous croyons très-avantageuse) d'employer le courant même d'une rivière, ou le flux et reflux, pour mettre en mouvement une machine à curer, garnie de deux chapelets.

Les scaphandres, les cloches à plongeur, le bateau plongeur de *Coulomb*, l'enveloppe imperméable, sont les principales méthodes imaginées pour faciliter les moyens de séjourner dans l'eau, et d'y effectuer des travaux; nous les avons décrites dans le troisième chapitre où l'on trouve la méthode de miner un rocher submergé, et d'extraire des navires submergés en faisant passer sous ces navires des câbles qu'on amarre à des corps flottans, et enfin un précis historique de la mémorable extraction du vaisseau *le Phénix*, qui était submergé dans la lagune de Venise.

Le quatrième chapitre traite du battage et de l'arrachement des pieux. Après avoir discuté la question, si le *pilotage* est aussi utile qu'on le pense communément pour asseoir les fondemens avec solidité dans les mauvais terrains, et si l'on ne pourrait pas obtenir le même effet plus économiquement par une percussion immédiate sur le terrain; après avoir indiqué les expériences faites par divers savans, et surtout par M. *Rondelet*, pour reconnaître la valeur de la percussion; enfin, après avoir donné des détails pratiques sur le choix, les dimensions et la position des pieux et des pilots, nous avons décrit les diverses sortes de moutons à bras, à tiraude, à déclic. Parmi les sonnettes à tiraude, nous en indiquerons une à cercle, que l'expérience nous a démontré être très-avantageuse. De même nous indiquerons un arrache-pieux dont nous avons éprouvé l'utilité, et qui nous paraît, sous tous les rapports, préférable aux machines analogues que l'on emploie communément.

Le dernier chapitre de ce livre traite du recepage des pieux, c'est-à-dire de l'opération dont le but est de couper une portion de pieu immergé à une profondeur plus ou moins grande. Nous avons distingué deux sortes de recepage, le *simple* et celui de *niveau*, et nous avons indiqué les machines aptes à produire l'un et l'autre.

Le troisième livre, divisé en cinq chapitres, traite des machines militaires en général. Les armes-machines des anciens, si nombreuses et si ingénieuses, sont décrites dans le premier chapitre, où, d'après le témoignage des auteurs anciens, nous avons cherché à faire connaître la configuration des balistes, des catapultes, des beliers, des hélepoles et d'autres machines semblables.

Les trois chapitres suivans contiennent les procédés en usage dans les manufactures d'armes, pour la fabrication des armes blanches, des armes à feu portatives, et des canons. Le dernier chapitre traite de la fabrication de la poudre.

Les machines employées dans les constructions navales sont l'objet du quatrième livre. Plusieurs machines, appartenant à cette catégorie, ont été précédemment décrites, soit dans les trois livres précédens de ce volume, soit dans le *Traité du mouvement des fardeaux;* il ne nous restait plus à traiter que des machines employées dans les corderies, dans les forges des grosses ancres et dans les poulieries.

Les cordages étant d'une grande importance non-seulement pour la marine, mais pour les opérations mécaniques en général, nous avons cru devoir nous arrêter sur les détails de leur fabrication, et faire connaître les principaux résultats des belles recherches de *Duhamel*, sur la force des cordages blancs et noirs, et sur les effets du goudronnage. Nous avons indiqué les nouveaux procédés de MM. *Belfour*, *Chapman* et *Huddart;* nous avons parlé de cordes métalliques et de câbles de fer; et enfin nous avons décrit les appareils de *Duhamel* et de M. *Hubert*, pour éprouver les cordages. On trouvera, dans ce chapitre, la description détaillée de la machine de M. *Christian*, pour tiller le chanvre sans rouissage. Tout ce qui regarde les épissures, les nœuds et les amarrages, se trouve indiqué dans le chapitre premier du premier livre du *Traité du mouvement des fardeaux.*

Le second chapitre traite des procédés ingénieux en usage dans les forges des grosses ancres, pour transporter avec facilité, du

fourneau à l'enclume, les lourdes masses brûlantes qui les composent

Le dernier chapitre contient ce qui est relatif aux poulieries. On y trouve la description des moyens de soumettre un grand nombre de machines à un seul moteur, sans nuire à leur indépendance, de suspendre le mouvement de l'une sans interrompre celui des autres, et de faire varier à volonté leur vitesse; on y trouve ensuite des détails sur la construction des tours et des machines à forer, et enfin des procédés ingénieux de MM. *Brunel* et *Hubert*, pour la fabrication des chapes et rouets de poulies, et une nouvelle méthode que nous proposons pour *mortaiser* les chapes.

TABLE DES MATIÈRES.

LIVRE QUATRIÈME.

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page.	*Ligne.*	*Au lieu de :*	*Lisez :*
12	19	que les premiers	que les premières.
50	*dernière.*	vis *mm*	vis *mm*, fig. 14.
53	26	pointes saillantes. — *bbbb*. . . .	pointes saillantes *bbbb*.
78	28	(fig. 17)	(fig. 13).
86	15	(fig. 1 et 2)	(fig. 6 et 7).
116	11	a auss élevé	a aussi élevé.
162	24	défendait ces derniers	défendaient ces derniers.
165	30	qu'il nomme *pluteus*	qu'il nomme *plutei*.
213	16	probablement	préalablement.
230	7	une des extrémités, auquel. . . .	une des extrémités duquel.
231	21	le rouet	le touret.
234	19	cône tronque	cône tronqué.
235	5	les fig. 11 et 12	les fig. 12 et 13.
274	21	(801)	(793).
279	16	que l'on fondait	que l'on sondait.
283	25	Dans les machines.	Dans les ateliers.

DES MACHINES

QUE L'ON EMPLOIE

DANS LES CONSTRUCTIONS DIVERSES.

LIVRE PREMIER.

Machines dont l'architecture civile fait usage.

1. Les machines qui servent à transporter des fardeaux sur des plans horizontaux ou inclinés, et à les élever verticalement ou obliquement, occupent, par leur nombre et par leur importance, le premier rang parmi celles dont l'architecture civile fait usage; aussi, leur avons-nous consacré entièrement le Traité spécial intitulé, *Mouvemens des fardeaux*. Il nous reste à décrire dans ce livre les autres machines également employées par l'architecture civile. Nous les diviserons en cinq catégories; dans la première, nous placerons celles qui servent à expérimenter les divers matériaux; dans la seconde, celles propres à la fabrication des briques; dans la troisième, les machines qui broient les substances employées par les arts dépendans de l'architecture civile; dans la quatrième, les scies et autres machines employées à la coupe des bois et des pierres; dans la dernière enfin, les polissoirs et les machines en général qui donnent aux bois, aux marbres, aux glaces, aux métaux, ce brillant poli, cet éclat éblouissant qui constitue une des principales beautés des ornemens les plus somptueux.

CHAPITRE PREMIER.

De la force des matériaux.

2. Avant d'entreprendre une construction quelconque, il importe essentiellement de connaître la résistance des matériaux que l'on doit employer. Les bois, les pierres, les briques, les mortiers, le fer, étant les espèces des matériaux dont on se sert le plus fréquemment dans les constructions diverses, la détermination des résistances qu'ils sont susceptibles d'exercer, doit former un des principaux objets de recherches, pour les constructeurs jaloux d'éviter également le défaut de solidité et celui d'une exubérance excessive.

Résistance des bois.

3. Les bois peuvent résister de trois manières aux fardeaux qu'on leur fait supporter : 1°., en les plaçant horizontalement et les chargeant dans cette situation; 2°., en les plaçant verticalement et les chargeant dans la partie supérieure; 3°., en les suspendant verticalement et les chargeant inférieurement de poids capables de rompre l'adhérence des fibres et de les déchirer. La première manière se nomme *résistance horizontale;* la seconde, *résistance verticale ;* la troisième, *adhérence des fibres*.

4. Depuis *Galilée*, qui le premier s'occupa de la résistance des solides, plusieurs savans dirigèrent leurs recherches vers ce but utile. Quelques-uns s'en occupèrent théoriquement, les autres expérimentalement; parmi les premiers, on distingue *Galilée*, *Vurtzius*, *Grandi*, *Blondel*, *Mariotte*, *Leibnitz*, *Varignon*, *Jacques Bernouilli*, *Euler*, *Lagrange*, *Girard* ;

et parmi les derniers on doit surtout citer *Mariotte*, *Parent*, *Varington*, *Bélidor*, les deux *Duhamel*, *Buffon*, *Lamblardie*, *Girard*, *Perronet*, *Rondelet*, *Aubri*, *Lamandé*, *Ch. Dupin*.

5. Nous nous bornerons à donner ici les principaux résultats des expériences connues, et la description des meilleurs appareils qui servirent à les effectuer. Mais nous conseillerons à ceux de nos lecteurs qui désirent acquérir de plus amples notions, de consulter l'excellent ouvrage de M. *Girard*, intitulé, *Traité analytique de la résistance des solides*. Ce traité est le plus exact, le plus profond, le plus complet qu'on ait publié sur cette importante matière.

Expériences de *Mariotte* (*a*).

6. Le résultat le plus remarquable qu'on déduit de ces expériences, peu nombreuses et effectuées sur des solides de petites dimensions, est que des prismes engagés solidement par leurs bouts sont capables de supporter, avant de se rompre, un poids double de celui qu'ils soutiendraient s'ils étaient seulement appuyés à leurs extrémités. Ce résultat est parfaitement conforme avec la théorie, et avec des épreuves subséquentes faites par *Musschenbrock*.

Expériences de *Musschenbrock* (*b*).

7. Ces expériences ont, comme celles de *Mariotte*, l'inconvénient d'avoir été faites sur de très-petites pièces; mais elles sont en grand nombre et paraissent avoir été conduites avec une scrupuleuse exactitude. D'après ses expériences, cet illustre physicien a dressé une table des cohérences spécifiques de plusieurs espèces de bois, du verre et des métaux.

(*a*) *Traité du mouvement des eaux*.

(*b*) *Introductio ad cohærentiam corporum firmorum*.

Musschenbrock a observé que la résistance des solides pressés parallèlement à leurs fibres intégrantes était, toutes choses égales, en raison inverse du carré de leur longueur. Ce résultat important a été confirmé par *Euler*, qui le déduisit de ses propositions sur les courbes élastiques; et par les belles expériences de M. *Girard*.

Expériences de *Parent* (*a*).

8. Il éprouva des petits prismes de bois de chêne, et trouva qu'étant successivement engagés dans un appui par un de leurs bouts, soutenus librement, et retenus fixés à leurs extrémités, leurs résistances dans les trois positions étaient entre elles comme les nombres 4, 6, et 9.

9. Il a aussi fait des expériences comparatives sur la résistance du bois de chêne et de sapin, et a trouvé que ce dernier avait une résistance plus grande que le chêne, et que le rapport était tel, que si une pièce de bois de chêne supportait, par exemple, 1000 kilogrammes sans se rompre, une pièce de sapin de même dimension, supporterait 1190 kilogrammes : mais ces derniers résultats sont en contradiction avec ceux obtenus postérieurement par les savans qui se sont occupés du même objet.

Expériences de *Bélidor* (*b*).

10. Il trouva que les pièces de bois solidement encastrées dans leurs appuis se rompaient toujours au milieu de leur longueur et contre leurs appuis, tantôt contre un seul, et tantôt contre les deux à la fois.

(*a*) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1707 et 1708.

(*b*) *Science des Ingénieurs.*

Expériences de *Poleni* (*a*).

11. *Poleni*, ayant pris une barre de bois de sapin de deux pieds et demi de longueur sur huit lignes d'équarissage, fit insérer une de ses extrémités dans le mur, et y fit attacher un plateau de balance, à deux pieds de distance de ce mur, où ayant placé des poids, la barre se rompit avec un poids de seize livres huit onces. Il prit ensuite la même barre; il plaça ses extrémités sur deux supports, de manière néanmoins qu'il y eût deux pieds de distance entre l'un et l'autre; puis, ayant suspendu le plateau au milieu de cette barre, il lui fallut un poids de 62 livres et 2 onces pour la rompre.

Poleni fit de semblables expériences avec des cylindres de cire et de verre, et il reconnut également que le rapport des poids nécessaires pour produire la rupture dans les deux cas, est toujours approximativement comme 1 est à 4.

Expériences de *Buffon* sur la force des bois (*b*).

Appareil.

12. « L'appareil consistait: 1°. en deux tréteaux de 7 pouces d'équarrissage, de trois pieds de hauteur et d'autant de longueur, renforcés dans leur milieu par un bon bois de bout; on posait sur ces tréteaux les deux extrémités de la pièce qu'on voulait rompre: 2°. En plusieurs boucles carrées de fer rond, dont la plus grosse portait près de 9 pouces de largeur intérieure et était d'un fer de 7 à 8 pouces de tour; la seconde boucle portait 7 pouces de largeur et était faite d'un fer de 5 à 6 pouces de tour; les autres plus petites. On passait la pièce à rompre dans la boucle

(*a*) *Instituzioni mecaniche dell'* Abat Grandi.

(*b*) *Mémoires de l'Académie*, 1740 et 1741.

de fer; les grosses boucles servaient pour les grosses pièces, et les petites boucles pour les barreaux. Chaque boucle, à la partie supérieure, avait intérieurement une arête bien limée, de la largeur de 2 ou 3 lignes; cette arête était faite pour empêcher la boucle de s'incliner, et aussi pour faire voir la largeur de fer qui portait sur les bois à rompre; à la partie inférieure de cette boucle carrée, on avait forgé deux crochets de fer de même grosseur que le fer de la boucle; ces deux crochets se séparaient et formaient une boucle ronde d'environ neuf pouces de diamètre, dans laquelle on mettait une clef de bois de même grosseur que le fer de la boucle, et de 4 pieds de longueur. Cette clef portait une forte table de 14 pieds de longueur sur 6 pieds de largeur, qui était faite de solives de 5 pouces d'épaisseur, mises les unes contre les autres et retenues par de fortes barres; on la suspendait à la boucle par le moyen de la grosse clef de bois, et elle servait à placer les poids, qui consistaient en 300 quartiers de pierre taillés et numérotés, qui pesaient chacun 25, 50, 100, 150 et 200 livres. On posait ces pierres sur la table, et on bâtissait un massif de pierre large et long comme la table, et aussi haut qu'il était nécessaire pour faire rompre la pièce

13. On avait soin de mettre de niveau la pièce et les tréteaux, que l'on cramponnait afin de les empêcher de reculer : huit hommes chargeaient continuellement la table et commençaient par placer au centre les poids de 200 livres, ensuite ceux de 150, ceux de 100, ceux de 50, et enfin au-dessus ceux de 25 livres, qu'on n'aurait pu arranger depuis le bas sans courir risque d'être écrasé; quatre autres hommes appuyaient et soutenaient les quatre angles de la table pour l'empêcher de vaciller et pour la tenir en équilibre; un autre avec une longue règle de bois, observait combien la pièce pliait à mesure qu'on la chargeait,

et un autre marquait le temps et écrivait la charge, qui souvent s'est trouvée monter à 20, 25, et jusqu'à près de 27 milliers de livres. »

Buffon a fait rompre de cette façon plus de 100 pièces de bois, tant poutres que solives, sans compter 300 barreaux.

Résultats principaux.

14. 1°. Le bois ne casse jamais sans avertir, à moins que la pièce ne soit fort petite; le bois vert casse plus difficilement que le bois sec; et en général le bois qui a du ressort, résiste beaucoup plus que celui qui n'en a pas : l'aubier, le bois des branches et celui du sommet de la tige d'un arbre, tout le bois jeune est moins fort que le bois plus âgé. La force du bois n'est pas proportionnelle à son volume; une pièce double ou quadruple d'une autre pièce de même longueur, est beaucoup plus du double ou du quadruple plus forte que la première; par exemple, il ne faut pas quatre milliers pour rompre une pièce de 10 pieds de longueur et de quatre pouces d'équarrissage, et il en faut 10 pour rompre une pièce double, et il faut 26 milliers pour rompre une pièce quadruple, c'est-à-dire, une pièce de 10 pieds de longueur sur 8 pouces d'équarrissage. Il en est de même pour la longueur: il semble qu'une pièce de 8 pieds et de même grosseur qu'une pièce de 16 pieds doit, par les règles de mécanique, porter juste le double; et cependant elle porte beaucoup plus du double.

15. 2°. La force du bois est proportionnelle à sa pesanteur; de sorte qu'une pièce de même longueur et grosseur, mais plus pesante qu'une autre pièce, sera aussi plus forte à peu près en même raison. Cette propriété donne les moyens de comparer la force des bois qui viennent de différens pays et de différens terrains. Dans les arbres qui croissent encore, la pesanteur et la force du bois diminuent en progression arithmétique du centre

jusqu'à la dernière circonférence de l'aubier ; la densité diminue également du tronc au sommet.

3°. Pour comparer les effets du temps sur la résistance du bois, et pour reconnaître combien il diminue de sa force, *Buffon* a choisi quatre pièces de 18 pieds de longueur sur 7 pouces de grosseur; il en a fait rompre deux, qui en nombres ronds ont porté 9 milliers chacune pendant une heure. Il a fait charger les deux autres de 6 milliers seulement; l'une de ces pièces a cassé au bout de cinq mois et 26 jours, et l'autre au bout de six mois et 17 jours. Après cette expérience, il fit travailler deux autres pièces toutes pareilles, et ne les fit charger que de 4,500 livres. Il les a tenues pendant plus de deux ans ainsi chargées; elles n'ont pas rompu, mais elles ont plié assez considérablement.

16. 4°. On sait qu'un nœud est une espèce de cheville adhérente à l'intérieur du bois; *Buffon* a fait faire des trous en forme de cône et de même profondeur dans des pièces qui étaient sans nœuds, et il a rempli ces trous avec des chevilles de même figure; il a fait rompre ces pièces et a reconnu par là combien les nœuds ôtent de force au bois; un nœud qui se trouvera, ou une cheville qu'on mettra à la face inférieure, et surtout à l'une des arêtes, diminue quelquefois d'un quart la force de la pièce.

17. 5°. Ayant fait rompre des pièces courbes, *Buffon* a trouvé qu'elles résistent davantage, en opposant à la charge le côté concave. On imaginerait d'abord le contraire, et on penserait qu'en opposant le côté convexe, comme la pièce fait voûte, elle devrait résister davantage : cela serait vrai, dit *Buffon*, pour une pièce dont les fibres longitudinales seraient courbes naturellement, c'est-à-dire, pour une pièce courbe dont le fil du bois serait continu et non tranché; mais comme les pièces courbes soumises à l'expérience, et presque toutes celles

dont on se sert dans les constructions, sont prises dans un arbre qui a de l'épaisseur, la partie intérieure de ces couches est beaucoup plus tranchée que la partie extérieure, et par conséquent elle résiste moins.

18. *Buffon* ayant soumis à l'épreuve des solives de 7 à 28 pieds de longueur, sur 5 à 8 pouces d'équarrissage, forma plusieurs tables dans lesquelles il a indiqué le poids de chaque pièce, les charges qu'elles ont supportées, et leur flèche de courbure au moment où elles éclataient.

19. M. *Rondelet* a donné une règle au moyen de laquelle on arrive par un calcul extrêmement simple à des résultats très-rapprochés de ceux contenus dans les tables de *Buffon*. Soit e, l'épaisseur verticale de la pièce de bois dont on veut calculer la force; b, le nombre de fois que l'épaisseur verticale est contenue dans la longueur, la formule $\frac{59.59 + ee}{b} - \frac{ee}{3}$ donnera la valeur du poids nécessaire pour rompre cette pièce. On trouvera, par exemple, que pour une solive de 5 pouces en carré, sur 18 pieds de longueur entre les appuis ou 216 pouces, le rapport de l'épaisseur verticale à cette longueur sera exprimé par $\frac{216}{5} = 43,2 = b$. L'épaisseur verticale étant de 5 pouces ou 60 lignes, $e\,e$ sera 3600; substituant ces valeurs dans la formule ci-dessus, on aura $\frac{59.59 + 3600}{43,2} - \frac{3600}{3} = 3765\,\frac{5}{6}$. Le résultat équivalent des expériences de *Buffon* est 3815.

20. En se servant de cette formule, M. *Rondelet* a calculé une table très-étendue où il indique la charge qui peut rompre une pièce, depuis un pied et demi de longueur jusqu'à 45 pieds, et depuis trois pouces d'équarrissage jusqu'à 30. Et dans une autre table, il a comparé tous les résultats des expériences de *Buffon*, avec les valeurs correspondantes données par la formule. Cette table prouve que l'on peut en pratique se servir avec confiance de la formule de M. *Rondelet*.

21. *Buffon* interrogea l'expérience pour apprécier le degré d'utilité du précepte de *Vitruve*, qui prescrit de couper les arbres dans une saison convenable, après les avoir fait sécher sur pied, soit en les écorçant jusqu'à la cime, soit en leur enlevant seulement une portion annulaire d'écorce à quelque distance de terre. Il fit, en conséquence, écorcer plusieurs arbres; et, lorsqu'il s'aperçut qu'ils ne produisaient plus de feuilles, il les fit abattre et réduire en solives de mêmes dimensions que plusieurs autres pièces tirées d'arbres séchés dans leur écorce et qui avaient été coupés lors de l'écorcement des premiers. Il soumit les uns et les autres aux mêmes épreuves, et reconnut que le bois séché sur pied était non seulement plus dense que celui qui avait été séché après avoir été abattu, mais encore que le premier avait une résistance de près d'un quart supérieure à celle du second.

22. M. *Rondelet* indique une très-bonne méthode de faire sécher les bois qui proviennent d'arbres non écorcés. Cette méthode consiste à les équarrir encore frais, et à les placer ensuite debout, sous des hangards disposés de manière à les entretenir isolés les uns des autres par le moyen de fortes traverses contre lesquelles on les appuie. Par cette disposition verticale, les sucs dont les bois fraîchement abattus sont pénétrés, s'écoulent naturellement sans occasioner aucune fente, ni gerçures, et, au bout d'une année, ils acquièrent le degré de sécheresse convenable pour être employés en charpente.

Expériences de *Perronet* (*a*)

23. Cet illustre ingénieur a comparé six espèces de bois chargés debout, les rapports des résistances sont :

Chêne. . . .	126	Peuplier. . . .	74
Saule. . . .	96	Frêne. . . .	72
Sapin. . . .	94	Orme. . . .	70

Les résistances des bois posés horizontalement sont :

Chêne. . . .	126	Sapin. . . .	115
Saule. . . .	107	Peuplier. . .	74

Expériences des *Duhamel* (*b*).

24. Les expériences, faites sur des pièces de bois de saule, de pin du Nord et de chêne, comparées entre elles, donnent les rapports suivans de leur résistance :

Saule.	850
Pin du Nord. .	882
Chêne. . . .	1024

25. Ayant soumis à l'expérience des bois de chêne provenant de diverses forêts du royaume, ils remarquèrent que leur résistance différait considérablement; cette différence allait quelquefois de 50 à 80.

26. La résistance moyenne d'un morceau de chêne de cinq mèt. de long et d'un décimèt. d'équarrissage, déduite des diverses expériences des *Duhamel*, est de 986 kilog.; résultat qui s'accorde avec celui qu'on déduit des expériences analogues de *Buffon*, de celles de *Cossigni* et d'autres observateurs.

(*a*) *OEuvres de* Perronet, in-fol., tome 1.

(*b*) *Du transport, de la conservation et de la force des bois*, livre V.

Expériences de *Cossigni* (*a*).

27. *Cossigni* a fait plusieurs expériences à l'Ile de France sur la résistance comparée de plusieurs bois, parmi lesquels il n'y en a que deux qui soient cultivés en Europe, le chêne et le sapin. Le rapport de leur résistance était :

Chêne. . . .	1059
Sapin. . . .	918

Expériences de M. *Girard* (*b*).

28. Les expériences de M. *Girard* ont été faites sur des bois de chêne et de sapin de grandes dimensions chargés parallèlement et perpendiculairement à leur longueur. L'appareil dont il se servit (Pl. I, fig. 5) consiste en deux pièces principales A B, élevées verticalement de 4$^{\text{mèt.}}$, 546 au-dessus du sol. Ces pièces, de 0$^{\text{mèt.}}$, 2706 d'équarrissage, sont enfoncées en terre de 3$^{\text{mèt.}}$, 5721, et liées entre elles à leur extrémité inférieure par une pièce horizontale entaillée à cet effet.

29. A 0$^{\text{mèt.}}$, 4059 de distance de ces deux pièces s'élèvent aussi verticalement deux autres pièces E F, d'un équarissage un peu moindre que les premiers et qui sont assemblées à leur pied dans les deux poutres horizontales posées sur le sol. Ces mêmes poutres reçoivent les abouts de quatre jambes de forces I I, servant d'appui aux quatre jumelles A B, E F. Les deux premières A B sont encore liées entre elles par la traverse K L dont les extrémités sont appuyées sur le sol. Cette traverse est entaillée à mi-bois dans les pièces verticales A B, et du quart de son épaisseur environ dans les semelles.

(*a*) *Du transport, de la conservation et de la force des bois*, livre V.
(*b*) *Traite analytique de la résistance des solides.*

30. Ces semelles sont soutenues sur des pièces horizontales qui portent elles-mêmes sur une suite de poutrelles posées de niveau au fond d'une excavation de $1^{\text{mèt.}}$, 2989 de profondeur. La pièce M M soutient un ou plusieurs madriers dont le dessus est dans le même plan que la traverse K L, pour recevoir la pièce de bois Q Q, sur laquelle sont posés les tasseaux R R′ dont le supérieur R′ est en fonte. Les jambes de force T T servent à prévenir le déversement des jumelles principales dans leur plan. Afin de lier ces jumelles d'une manière plus inébranlable, on a encore boulonné au derrière de chacune d'elles la lierne S S. A $3^{\text{mèt.}}$, 3826 au-dessus des poutres G H les pièces verticales A B portent un boulon de fer V, de $0^{\text{mèt.}}$, 0813 de diamètre. Ce boulon sert d'axe de rotation au levier X Y, à l'extrémité duquel est suspendu par le crochet *y* le plateau Z où l'on place les poids qui agissent sur la pièce mise en expérience.

31. Le levier X Y est maintenu dans un même plan vertical par deux montans *a b* élevés sur une semelle *c d* distante de $4^{\text{mèt.}}$, 7898 des jumelles principales A B, perpendiculaire à la pièce G H. Les trois paires de jumelles A B, E F, *a b*, sont coiffées chacune d'un chapeau transversal au-dessous duquel sont fixées les deux liernes *e f*. Le même levier porte dans sa partie supérieure, immédiatement sous le boulon V, quatre bandes de fer creusées circulairement au milieu de leur longueur pour recevoir l'axe de rotation V. Il est garni dans sa partie inférieure de deux coussinets en fer *g h*, arrêtés au moyen de tirefonds sur deux barres de fer I K, encastrées dans la poutre, de toute leur épaisseur. Lorsqu'une pièce est en expérience, ces coussinets portent sur un chapeau de fer lequel soutient, au moyen de l'axe qui le traverse, deux rouleaux qui ont $0^{\text{mèt.}}$, 4059 de diamètre, et sont destinés à empêcher le déver-

sement de la pièce mise en expérience, en se mouvant verticalement entre les jumelles A B, E F. On conçoit en effet que par cette disposition les coussinets fixés au levier glissent sur le dessus du chapeau pendant que la charge appliquée en Z fait tourner le levier X Y autour du boulon V. La pièce *o p* mise en expérience étant maintenue entre les chapeaux *l m* et le tas de fer R', les deux extrémités de son axe restent toujours dans la même verticale.

32. On a fixé sur la face supérieure du levier X Y un quart de cercle *q r*, qui a pour centre le centre même de rotation, et sur une des jumelles un index horizontal servant à indiquer sur le quart de cercle qui est divisé en degrés, l'inclinaison du levier à l'instant d'une observation. Ce levier est manœuvré à volonté, au moyen de palans W W suspendus à des écoperches A' A'; les cordes s'enroulent sur des cabestans placés à cet effet à quelque distance de l'appareil; ces écoperches portent un troisième palan B', avec lequel on transporte les poids sur les plateaux Z. Tout l'appareil se réduit, comme on voit, à un levier du second genre, dont on a tâché de rendre le point d'appui inébranlable.

33. Il s'agissait moins, dans les expériences de M. *Girard*, de déterminer les charges capables de briser les solides mis à l'épreuve que de comparer ces charges aux courbures qu'elles produisent. On a relevé en conséquence à chaque observation la courbe que la pièce en expérience affectait sous un poids déterminé. Pour relever cette courbure avec exactitude, on a collé au milieu de chacune des deux faces perpendiculaires de la pièce une bande de papier sur laquelle on a tracé une droite parallèle à ses arêtes. Cette ligne, qui représentait l'axe du solide affectait sa courbure. On fixait aux deux extrémités de cet axe une règle de bois mince. On avait soin d'en vérifier la rectitude au

moyen d'un fil; on faisait ensuite courir le long de cette règle une espèce d'équerre à talon, dont une des branches était graduée et indiquait à chaque point de l'axe l'ordonnée correspondante.

34. Cet appareil, capable de produire une pression de plus de deux cents milliers, a brisé des pieux de $0^{\text{mèt.}}$, 21 à $0^{\text{mèt.}}$, 24 d'équarrissage.

35. Les expériences de M. *Girard* avaient pour but principal la détermination de l'élasticité absolue des solides, c'est-à-dire, de la résistance qu'ils sont capables d'opposer à la flexion lorsqu'ils sont chargés verticalement.

36. On serait porté à croire qu'un solide dont les fibres intégrantes seraient exactement parallèles entre elles, ne devrait point se plier par l'action d'un poids qui agirait parallèlement à la longueur de ces fibres, supposées homogènes, aucune cause ne paraissant devoir déterminer leur inflexion dans un sens plutôt que dans l'autre.

37. Mais il n'en est pas ainsi dans un solide de bois soumis à cette épreuve. Le défaut d'homogénéité parfaite entre les fibres, la moindre différence d'organisation dans ces fibres, déterminent une inflexion qui les entraîne dans le même sens; et tout le système, en vertu de l'adhérence transversale, obéit en cédant à la charge, dont la résultante agit perpendiculairement à la longueur du solide. Au reste, de quelque manière qu'on cherche à expliquer ce phénomène d'inflexion dans les bois chargés debout, cette inflexion est une vérité d'expérience qu'on ne peut révoquer en doute.

38. M. *Girard* a remarqué que la résistance des bois varie avec l'état de l'air, par son influence hygrométrique, c'est-à-dire, en raison de l'humidité dont ils sont pénétrés.

39. En examinant la courbure que prend le bois chargé debout

il a remarqué que les bois méplats se courbaient ordinairement dans le sens de la plus petite face, que les bois carrés se courbaient dans les deux sens, et que quelques bois méplats affectaient aussi cette double courbure.

40. Lorsque les bois méplats n'ont qu'une courbure, le point de plus grand écartement varie de hauteur dans chaque morceau; aux uns il se trouve au milieu, à d'autres en haut; à d'autres enfin, en bas.

41. Dans quelques bois on a deux flèches. Dans les morceaux qui se courbent sur les deux faces, le point de la plus grande courbure se trouve souvent à deux hauteurs différentes.

42. En général, les cassures ont lieu de préférence partout où il y a des nœuds ou autres défectuosités.

43. L'élasticité est comme la résistance, en raison directe des largeurs, double des hauteurs et inverse des longueurs. Dans les bois posés debout, il appelle hauteur la plus grande largeur du bois.

44. L'élasticité absolue d'un morceau de bois de chêne d'un mètre cube est de 11,784,451 kilogrammes. Celle d'un mètre cube de sapin, 8,161,128 : ainsi les rapports sont comme 63 est à 47.

45. L'élasticité absolue peut être prise du moment où la pièce se courbe, ou d'une flèche de courbure donnée. Si on appelle b la flèche de courbure; P, la moitié de la charge; f, la longueur de la pièce; a, sa largeur; h, sa hauteur, la formule générale d'élasticité d'un morceau quelconque de bois de chêne est $\frac{Pf^3}{36} = \frac{(11{,}784{,}451)\,b\,(f + 0^m3)\,a\,h\,h}{1{,}3}$

En se servant des mêmes désignations, la formule générale d'élasticité d'un morceau de sapin est $\frac{Pf^3}{36} = (8{,}161{,}128)\,a\,h\,h$.

Si les bois sont ronds au lieu d'être carrés, et que d soit le diamètre du morceau, on substituera (0,737,381) d^3 à la place de $a\,h\,h$. Ainsi, l'élasticité d'un cylindre de sapin est $\frac{\text{P}\,f^3}{36}$ = (8,161,128) (0,737,381) d^3.

46. D'après ces déterminations, M. *Girard* a trouvé qu'une pièce de bois de chêne d'un mètre d'équarrissage, posée verticalement, doit avoir 1295 mètres de longueur, pour qu'elle fléchisse sous son propre poids, et qu'une pièce de sapin d'un mètre d'équarrissage doit avoir 1832 pieds.

47. Cette plus grande longueur du sapin, quoique l'élasticité soit moindre que celle du chêne, tient à ce que la densité du premier bois est moins grande que celle du second; M. *Girard* a trouvé que la densité du chêne était à celle du sapin comme 1080 est à 486.

Expériences de M. *Dupin* (*a*).

48. Le but des expériences de M. *Dupin* a été de déterminer les altérations à peine sensibles, les premiers changemens de forme que subissent les bois soumis à une charge qui les comprime. M. *Dupin* a fait fixer sur un établi deux supports horizontaux et de niveau, distans entre eux de deux mètres. Il a fait donner la forme d'un parallélipipède à des morceaux de chêne, de cyprès, de hêtre et de sapin. Ces morceaux ayant un peu plus de deux mètres de longueur, furent posés tour à tour sur les supports, et chargés de poids placés à égale distance entre les deux supports.

49. M. *Dupin* a observé, dans de nombreuses expériences, que, 1°. Quand les poids sont peu considérables, les flèches

---

(*a*) *Mémoires sur la Marine et les Ponts et Chaussées de France et d'Angleterre.*

des arcs formés par la pièce de bois pliée, sont proportionnelles à ces poids mêmes; mais, quand les flèches sont petites par rapport à la corde constante de plusieurs arcs, la courbure de ces arcs est directement proportionnelle aux flèches correspondantes.

2°. Sous une grande charge, le cyprès a moins de flèche, le chêne en a plus, puis le sapin, et enfin le hêtre.

3°. Ayant déterminé les pesanteurs spécifiques des quatre espèces de bois soumises aux expériences, M. *Dupin* a reconnu que l'ordre de ces pesanteurs est aussi celui des résistances à la flexion.

4°. La résistance à la flexion est proportionnelle aux cubes des épaisseurs.

5°. Deux pièces d'égal équarrissage se plient suivant des arcs dont les flèches sont proportionnelles aux cubes des distances des appuis.

50. Après avoir chargé les pièces par des poids uniques, il les a chargées par des poids uniformément répartis sur toute leur longueur; et il a trouvé que, pour le même poids accumulé au milieu d'une pièce, ou réparti uniformément sur toute son étendue, les flèches sont entre elles comme 19 à 30; et ce rapport se conserve le même, soit pour les bois d'une espèce différente, soit pour les bois de différentes dimensions.

51. M. *Dupin* a voulu reconnaître ensuite l'espèce de courbe produite par la flexion des bois horizontaux chargés. Ayant donc tiré une ligne horizontale qui partait des deux extrémités de la courbe, ayant tracé 21 ordonnées à distances égales, les ayant mesurées avec exactitude, il put comparer cette courbe avec une hyperbole de mêmes dimensions qu'il avait déjà tracée, et il vit que les deux courbes ne différaient pas de sept dixièmes de millimètre.

52. Il serait à désirer que les importans résultats des expériences de M. *Dupin* fussent confirmés par de nombreuses expériences faites sur des pièces de grandes dimensions. Déjà il paraît que des expériences, faites récemment en Angleterre, s'accordent avec les siennes.

Expériences de M. *Rondelet*.

Bois de chêne tiré perpendiculairement par les deux bouts.

53. Les pièces soumises à l'expérience avaient depuis deux pouces jusqu'à un pied de longueur, et depuis une ligne en carré jusqu'à trois.

La force du bois de chêne ordinaire est d'environ 102 livres par ligne superficielle de sa grosseur.

Force des bois debout.

54. 1°. Un poteau qui a plus de sept ou huit fois la largeur de sa base en hauteur, plie sous la charge avant de s'écraser ou de se refouler ; et une pièce de bois, dont la hauteur aurait cent fois le diamètre de sa base, n'est plus capable de porter le moindre fardeau sans plier.

2°. Lorsqu'une pièce de chêne est trop courte pour pouvoir plier, la force qu'il faut pour l'écraser ou la faire refouler, est de 40 à 48 livres par ligne superficielle de sa base, et cette force, pour le bois de sapin, va de 48 à 56.

3°. Des cubes de chacun de ces bois, mis en expérience, ont diminué de hauteur en se refoulant sans se désunir ; ceux en bois de chêne de plus d'un tiers, et ceux en sapin de moitié.

4°. La force moyenne du bois de chêne, qui est de 44 livres par ligne superficielle pour un cube, se réduit à deux livres

pour une pièce de même bois, dont la hauteur est égale à 72 fois la largeur de la base. Un grand nombre d'expériences ont indiqué à M. *Rondelet* la progression suivante :

Pour un cube dont la hauteur est	1	la force est	1
Pour une pièce dont la hauteur est	12	. . . .	$\frac{5}{6}$
Pour	24	. . . .	$\frac{1}{2}$
—	36	. . . .	$\frac{1}{3}$
—	48	. . . .	$\frac{1}{6}$
—	60	. . . .	$\frac{1}{12}$
—	72	. . . .	$\frac{1}{24}$

55. Cette déduction très-utile des expériences de M. *Rondelet*, s'accorde avec les résultats obtenus par MM. *Perronet*, *Lamblardie* et *Girard*.

Force des bois couchés.

56. 1°. La force des bois, posés horizontalement selon leur longueur sur deux appuis (à grosseur égale), diminue en raison de la distance entre les appuis.

2°. Dans les bois de même longueur, entre les appuis, la force est en raison de leur largeur et du carré de leur hauteur ou épaisseur verticale.

3°. Un grand nombre d'expériences et de calculs, faits pour trouver le rapport de la force absolue du bois de chêne, à celle qu'il a étant posé horizontalement sur deux appuis, ont prouvé à M. *Rondelet* que le moyen le plus simple de l'obtenir est de multiplier la surface de la grosseur de la pièce par la moitié de sa force absolue, et de diviser le produit par le nombre de fois que son épaisseur verticale est contenue dans la longueur comprise entre les appuis. Et comme la force absolue pour chaque ligne superficielle varie de 90 à 102 livres, cette force absolue moyenne serait de 96 livres, et sa moitié 48 livres ; c'est par ce nombre qu'on doit multiplier la surface de la base de la pièce.

Force des pierres.

57. *Gauthey* est le premier qui ait entrepris des expériences sur la force des pierres. La discussion qui eut lieu en 1771 entre plusieurs architectes, sur la solidité des piliers de la nouvelle église de Sainte-Geneviève, donna lieu à cet ingénieur d'imaginer une machine pour éprouver la résistance des pierres. Cette machine représentée fig. 2 (Pl. I,) était composée d'un levier de fer ajusté dans un fort poteau de charpente, et arrêté par un boulon autour duquel il était mobile. A la face inférieure de ce levier, à environ un décimètre du boulon, était un cran dans lequel se plaçait une pièce, partie en bois et partie en fer, terminée en coin par le haut; c'est sous cette pièce que se posait la pierre à écraser. A l'autre extrémité du levier, et en dessus, était un cran dans lequel s'ajustait un anneau portant un plateau de balance. Ce second cran était éloigné du premier, d'une distance vingt-quatre fois plus grande que celle comprise entre le centre du boulon et le premier cran; d'où il résultait que, lorsqu'on mettait un cube de pierre sous le coin, il soutenait un effort vingt-quatre fois plus considérable que celui qui avait lieu au droit du cran où était suspendu le plateau de la balance. *Gauthey* a fait avec cette machine 50 expériences sur les pierres dures et tendres de Givry (*a*), d'où il résulte que le moindre poids, sous lequel la pierre blanche de Givry s'est écrasé, répond à 7 livres par ligne superficielle, et le plus fort à 18 livres. En adoptant pour poids moyen 12 livres par ligne, il a conclu qu'il serait possible de construire avec cette pierre, une colonne de 286 toises de hauteur, ou 557 mètres. A l'égard de la

(*a*) *Journal de physique de* Rozier, 1774.

pierre dure, le poids moyen fut de 32 livres, de sorte que l'on pourrait élever une colonne, avec cette pierre, de 1306 mètres.

58. *Souflot* et *Perronet*, ayant fait construire une semblable machine, mais en fer, firent un grand nombre d'expériences que M. *Rondelet* a continuées, et qu'il a publiées dans son *Traité de l'Art de bâtir*.

Dans (*a*) le cours de ces expériences, ce célèbre constructeur, s'étant aperçu que, quand le plateau de balance était chargé de plus de deux cents livres, le levier éprouvait autour du boulon auquel il était arrêté, un frottement considérable qui exigeait un plus grand effort pour écraser les pierres, se détermina à faire construire la machine représentée fig. 3 et 4 (Pl. I,), dans laquelle le levier n'est pas arrêté par un boulon; il pose sur l'arête d'un appui triangulaire *m*. Au-dessus de ce levier est placée une pièce de fer E, portant en dessous une languette triangulaire *n*, dont l'arête pose sur le levier à quatre centimètres de distance de l'appui triangulaire *m*. C'est sur la surface supérieure de cette pièce de fer que l'on place la pierre à écraser. Il résulte de cette disposition que, lorsque le levier agit, il comprime la pierre de bas en haut.

59. La longueur du levier contient, depuis le point d'appui *m*, 52 divisions, égales chacune à la distance *m n*. Les pièces de fer, entre lesquelles se place la pierre à écraser, sont ajustées à coulisse, afin de conserver leur niveau et leur aplomb pendant que ce lévier agit, et de produire une pression uniforme.

60. Cette machine ainsi disposée écrase les pierres plus également, et sous un moindre poids que la précédente. Cependant, comme le levier agit en tournant sur son point d'appui, il

(*a*) *Traité de l'art de bâtir.*

en résultait que, lorsque la pierre à écraser exigeait un effort considérable, le mouvement du levier faisait un peu déverser le coulisseau, ou pièce de fer E, ce qui occasionait un frottement et une plus grande pression sur le devant qui empêchaient encore d'avoir des résultats justes.

61. Pour obvier à ces inconvéniens, M. *Rondelet* a imaginé de substituer au levier une forte vis *k*, à la tête de laquelle il a fait ajuster un quart de cercle *q*. Ce quart de cercle, ainsi que la vis, sont mus au moyen d'une corde *r*, attachée d'un bout à l'extrémité *f* du quart de cercle, passant sur une poulie *n*, et soutenant de l'autre bout un plateau de balance *p* chargé de poids; l'effort de ces poids, joint au plateau de la balance, en tendant à faire tourner la vis, produit une pression considérable sur la pièce D, et la pierre *c*, placée au-dessous, et finit par l'écraser.

62. Plus de 800 expériences, faites sur 140 espèces de pierres différentes, ont fait connaître à M. *Rondelet*:

1°. Que dans les pierres de même espèce, les plus pesantes sont ordinairement les plus fortes, les plus dures, celles dont le grain est plus fin, et la texture plus compacte;

2°. Que les pierres, dont la couleur tire sur le noir ou le bleu, sont plus dures que les grises, et celles-ci, que les blanches ou rousses, et qu'en général, celles qui ont les couleurs les plus claires sont ordinairement moins fortes et moins pesantes;

3°. Que les pierres, dont le grain est homogène et la texture uniforme, sont plus fortes que celles dont le grain est mélangé, quoique ces dernières soient quelquefois plus dures et plus pesantes;

4°. Les qualités des pierres influent aussi sur la manière dont elles s'écrasent; celles qui ont le grain fin, la texture homo-

gène et compacte, et qui rendent un son clair lorsqu'on les frappe, se divisent en lames ou en aiguilles; les plus fières se brisent tout à coup, avec bruit, et se réduisent en poudre.

5°. Les pierres dont le grain est moins fin, qui ont leur texture moins compacte, et qui ne résonnent que peu ou point, se décomposent en pyramides, ayant pour bases les surfaces du solide, de manière que les pointes se réunissent au centre, où la pierre se réduit en poussière; les deux pyramides opposées, ayant pour bases le dessus et le dessous du solide, chassent celles du tour; ces dernières se divisent par fentes verticales.

6°. Toutes les espèces de pierres éprouvées ont diminué sensiblement de hauteur avant de s'écraser et même de se fendre. Cette diminution a été plus considérable dans les pierres qui se décomposent en pyramides.

7°. Lorsque les pierres avaient en hauteur plus de deux fois la largeur de leur base, les parties, comprises entre les pyramides formées, se fendaient verticalement en se divisant en lames ou aiguilles.

8°. Il faut moins de force pour faire fendre les pierres vives que pour les écraser, tandis que les pierres molles s'écrasent plutôt qu'elles ne se fendent.

9°. La force des pierres de même genre est à peu près comme le cube de leur pesanteur spécifique. Il faut observer cependant que ce rapport est un peu plus grand pour les parties qui se trouvent au centre de l'épaisseur de la pierre, et un peu moindre pour celles qui approchent de la superficie des lits.

10°. Lorsqu'on superpose plusieurs cubes, il faut une moindre force pour les écraser, que si le parallélipipède avait été d'un seul morceau.

11°. Dans les pierres de même nature et de même forme de base, la résistance croît en même raison que la superficie des

bases, et à superficie égale les pierres dont la base est un parallélogramme rectangulaire, commencent à s'écraser sous un moindre poids que celles dont la base est un carré; enfin, que celles dont la base est un cercle, ont le plus de résistance. Les rapports des résistances, dans ces trois différens cas, sont indiqués par les nombres suivans, 703 pour le parallélogramme, 806 pour le carré, et 917 pour le cercle.

12°. Les pierres ordinaires, dont on fait usage pour la construction des édifices, commencent à éclater et à se fendre sous une charge égale à un peu plus de la moitié du poids qu'il faut pour les écraser, et elles s'écrasent sous un moindre poids d'une charge continuée; ainsi, en supposant que la charge que doit soutenir un mur ou point d'appui, se distribue également sur toutes les parties de leur surface, il serait imprudent de leur faire porter une charge égale à la moitié de celle sous laquelle ils pourraient s'écraser. D'ailleurs, il faut avoir égard à la position des parties soutenues qui sont souvent disposées de façon qu'il en résulte des efforts obliques tendant à renverser les piédroits qui les soutiennent, et à transporter sur une partie de leur surface la charge qui devrait être répartie également sur leurs surfaces entières, suivant les expériences de M. *Rondelet* sur diverses espèces de pierres.

63. Il paraît que les basaltes sont, parmi les pierres communes, celles qui jouissent de la plus grande force. Un cube de quatre pouces de superficie de base ne s'est écrasé que sous le poids de 124,416 livres.

64. Les porphyres viennent immédiatement après, et leur force est d'autant plus grande que leur couleur est plus foncée, et que les points dont ils sont marquetés sont plus petits.

65. Les granits n'ont qu'à peu près la moitié de la force des porphyres; le granit rose oriental est le plus fort de tous, parce

que ses parties sont unies avec plus d'intimité, et leur cristallisation est plus parfaite. Un cube de ce granit, de mêmes dimensions que celui ci-dessus indiqué, s'est écrasé sous le poids de 52,704 livres; mais un cube de granit gris des Vosges n'a porté que 25,344 livres.

66. Le marbre noir est le plus fort de tous les marbres, tandis que le blanc veiné est le plus faible. Un cube, égal au sus-indiqué, de marbre noir de Flandre s'est écrasé sous le poids de 47,232 livres; un cube pareil de blanc veiné, sous le poids de 15,552, et un cube de blanc statuaire, sous celui de 19,584.

Un cube pareil de pierre d'Istrie, pierre qui a été employée dans les beaux édifices du Palladio, du Sansovino et du Scamozzi, qui décorent Venise et Vicence, s'est écrasé sous le poids de 31,138 livres; un cube de pierre travertine de Rome, sous celui de 18,112; un cube de Beola, espèce de granit employé dans les édifices de Milan, sous celui de 28,098; un cube de grès blanc, 56,129; un cube de lambourde de Gentilly, 5,290; un cube de pierre de Saillancourt dure, 8,680; un cube de roche de Passy, très-dure, 17,060.

Force des briques.

67. M. *Sganzin* rapporte, dans les *Programmes des cours de construction*, diverses expériences dont les résultats sont que: 1°. La terre corroyée avec soin et à plusieurs reprises, ajoute singulièrement à la densité et, par conséquent, à la bonté de la brique; la différence de densité entre deux briques crues, l'une corroyée avec soin, l'autre préparée à la manière ordinaire est dans le rapport de 86 à 82.

2°. De ces deux briques d'expérience, séchées également à l'air et dans les mêmes circonstances, et ayant ensuite éprouvé

un semblable degré de feu, la première pesait quatre onces de plus que la brique ordinaire; l'une et l'autre avaient perdu à la cuisson, chacune cinq onces de leur poids.

3°. Soumises à l'action d'une pression qui s'exerçait sur leurs extrémités, tandis que le milieu de la brique reposait sur un fer tranchant, la brique faite avec la terre bien corroyée, n'a rompu que sous une charge de 65 livres, tandis que la brique ordinaire n'a porté que 35 livres.

4°. On augmente la densité des briques et on les rend plus résistantes, en les comprimant crues sous un balancier.

Force des mortiers.

68. M. *Rondelet* a éprouvé la dureté de plusieurs espèces de mortiers avec les machines à écraser les pierres. Il a déduit d'un grand nombre d'expériences les résultats suivans :

1°. La massivation, c'est-à-dire, l'action de battre les mortiers pour les comprimer, ajoute considérablement à leur densité et à leur force de résistance.

2°. Les sables de rivière et la silice provenant du grès pilé ne forment pas les meilleurs mortiers, malgré le préjugé en leur faveur. Les sables de mine, les cimens argileux, les pouzzolanes leur sont préférables.

3°. Le mortier de ciment résiste mieux à la pression que celui de pouzzolane, et, parmi ces derniers, les mortiers en pouzzolane de Rome sont meilleurs que ceux en pouzzolane de Naples.

4°. Les mortiers faits suivant les procédés de *Loriot* sont les moins résistans.

5°. Le plâtre gâché avec du lait de chaux obtient en dix-huit mois plus de dureté que le mortier ordinaire de chaux.

69. M. *Rondelet* a cherché à apprécier l'augmentation de dureté que le temps procure aux mortiers en soumettant à de nouvelles expériences les mortiers qu'il avait éprouvés seize ans auparavant. Les résultats de ces expériences sont que la dureté des mortiers ordinaires augmente d'environ un huitième en seize ans, d'un neuvième dans celui de ciment mêlé avec le sable ; d'un septième, dans le mortier de pouzzolane de Rome ; enfin de près d'un tiers dans celui fait avec la pouzzolane de Naples.

70. Il ne suffisait pas de connaître la résistance des mortiers contre une force de pression, il était important de connaître la force avec laquelle les mortiers adhèrent aux pierres et aux briques qu'ils unissent dans la maçonnerie. M. *Rondelet* a encore fait des expériences pour déterminer cette force d'adhésion ; il a trouvé que, pour séparer des pierres et des briques scellées ensemble depuis six mois, avec un même mortier, il a fallu 64 liv. pour séparer deux pierres de liais, polies au grès,
70 pour les mêmes pierres dont les surfaces étaient moins unies,
108 pour les pierres de Conflans,
123 pour des pierres meulières,
138 pour les briques de Bourgogne,
141 pour les tuileaux.

71. Il a reconnu ensuite qu'en unissant les mêmes qualités de pierres avec le plâtre, il fallait
124 liv. pour les pierres de liais,
168 pour celles de Conflans,
189 pour les meulières,
201 pour les briques de Bourgogne.

72. Il a remarqué qu'en général moins les pierres sont dures, plus leur force d'adhésion est considérable. La pierre meulière

forme une exception due probablement aux vides qu'offre cette pierre.

73. L'adhésion des pierres réunies au moyen du plâtre est environ un tiers plus forte que lorsque cette union est faite avec le mortier; mais il est essentiel d'observer que la force d'adhésion augmente avec le temps dans les mortiers, tandis qu'au contraire, il est prouvé par l'expérience qu'elle diminue pour le plâtre, surtout lorsqu'il est exposé à l'humidité.

74. M. *Rondelet*, après avoir fait un grand nombre d'expériences, en a déduit, pour valeur d'adhésion moyenne, 105 livres par quatre pouces de superficie ou 3,780 livres par pied carré.

75. Quant à la force d'adhésion des parties intégrantes des mortiers, comparée à leur résistance de pression, M. *Rondelet* a reconnu que le rapport de l'une à l'autre sur les mortiers ordinaires faits avec trois parties de sable de rivière et deux de chaux en pâte, était comme. . . . . 1 à 13
sur les mortiers faits avec du ciment de tuileaux,
comme. . . . . 1 à 7
sur les mortiers de pouzzolane, comme. . . . . 1 à 8

76. Lorsqu'après un laps de temps considérable, les mortiers ont enfin acquis toute leur dureté, la force d'adhésion qui réunit les pierres avec les mortiers est bien plus grande que celle d'adhésion entre les parties intégrantes des mortiers. Cet effet a été invariablement prouvé par la cassure des mortiers, qui a toujours eu lieu dans le milieu de l'épaisseur des joints ou des vides qu'il remplissait, tandis qu'on n'a pu séparer les pierres dont étaient formés les blocs de maçonneries anciennes soumis à cette épreuve.

77. L'effet contraire a lieu sur des blocs dont les pierres sont réunies avec du plâtre, c'est-à-dire, qu'à toutes les époques, la

force d'adhésion qui réunit les molécules du plâtre est plus considérable que celle qui attache le plâtre aux pierres.

Expériences sur la force du fer.

78. Il résulte des expériences de *Musschenbrock* sur la force du fer forgé tiré dans le sens de sa longueur, que le poids moyen porté par millimètre carré est de . . . . . . 52 kil. 3

Les expériences analogues de *Buffon* donnent une résistance moyenne par millimètre carré de. . 59 5

Celles de *Perronet* sur la force du même fer forgé carré, de 42 9

Celles du même auteur sur la force du fer forgé rond. 42 2

Celles de *Poleni* donnent. 44 52

Buffon fit aussi des expériences sur des boucles carrées de fer, et la résistance moyenne qu'elles opposèrent à la rupture ne s'éleva qu'à 4 8

79. Les expériences de *Musschenbrock* furent faites sur des parallélipipèdes qui n'avaient que 2,617 millimètres de côté, et les fers étaient choisis et préparés avec soin.

80. L'épaisseur des fers employés dans les expériences de *Perronet* a varié de 7 à 12 millimètres, et ils furent pris au hasard parmi ceux du commerce. Ces expériences avaient été faites de manière à reconnaître la résistance des fers sur leur longueur. Il paraît que cette résistance diminue en général un peu avec la longueur, mais les résultats ne sont pas assez suivis pour en conclure une loi. La force paraît aussi augmenter quand la grosseur diminue, ce qui tient à ce que les petits fers sont en général meilleurs que les gros. Les fers ronds ont donné

(*a*) *Memorie istoriche della cupola del tempio Vaticano.*

un résultat un peu inférieur à celui des fers carrés, ce qui est contraire à l'opinion commune qui attribue aux premiers une qualité supérieure.

81. On a remarqué, dans le cours de ces expériences, que la tension qu'éprouvait le fer en faisait dégager du calorique, et qu'on pouvait prévoir l'endroit où la séparation devait se faire, et qui se trouvait toujours le plus échauffé. On a observé aussi qu'une légère incision faite avec une lime à la surface d'un barreau, en faisait quelquefois diminuer la résistance de plus de moitié; et il paraît que les parties de la surface résistent beaucoup plus que les parties intérieures.

82. On trouve dans l'ouvrage de M. *Gauthey* sur la construction des ponts, l'indication suivante et quelques expériences faites à l'École des ponts et chaussées, et de quelques autres effectuées postérieurement par M. *Navier*, pour déterminer la force du fer forgé, chargé verticalement et parallèlement à sa longueur.

Ces expériences furent faites avec une machine à levier analogue à celles que nous avons décrites précédemment en parlant des expériences sur la force des bois et des pierres.

Expériences faites à l'École des ponts et chaussées.

Largeur des pièces à bases rectangulaires.	Épaisseur.	Longueur.	Charge qui les a fait rompre.
20,3 millimèt.	20,3 millimèt.	244 millimèt.	10,526
20,3	20,3	225	8,454
20,0	20,3	258	10,216
13,5	13,5	325	3,951

Expériences de M. *Navier*.

Largeur des pièces à bases rectangulaires.	Épaisseur.	Longueur.	Charge qui les a fait rompre.
21,0 millimèt.	8,0 millimèt.	433 millimèt.	1,855
9,7	9,7	433	1,272
27,4	14,0	433	6,424
13,5	13,5	433	2,142
13,0	7,0	433	658
13,5	5,7	433	368
7,2	7,2	433	372
5,0	5,0	433	136
14,0	14,0	433	2,701

Pièces à base circulaire.

Rayon.	Longueur.	
11,0 millimèt.	433 millimèt.	7,360
4,0	433	352
7,5	433	3,199

83. Ces expériences ne sont pas assez nombreuses pour qu'on puisse en déduire des règles certaines pour l'évaluation de la résistance des barres de fer chargées verticalement.

84. M. *Ramus* (*a*) a fait au Creusot quelques expériences sur la force de la fonte de fer. Les barreaux sur lesquels il a opéré, avaient 81 millimètres de longueur, autant d'épaisseur; les ayant posés verticalement sur deux appuis, la distance du point où la charge était appliquée à chacun de ces appuis était de 4$^{\text{mèt.}}$,222.

Les barreaux de fonte blanche du Creusot de première fusion ont porté, avant de se rompre, une charge de . . 1172 kil.

Les barreaux de fonte grise du Creusot de première fusion ont porté 1793

Le résultat moyen donne par des fontes grises de divers pays de deuxième fusion 1747

Fonte grise du Creusot, de deuxième fusion . . 1823

(*a*) *Annales de chimie*, tome 7.

CHAPITRE II.

Fabrication des briques.

85. La bonté des briques dépend autant des procédés de fabrication, que de la pureté de l'argile dont elles sont formées. Ces procédés doivent avoir pour but de bien pétrir l'argile, de donner à toutes les briques de même espèce, des formes parfaitement semblables, des surfaces exactement lisses, et enfin de leur faire éprouver une forte pression; car l'expérience prouve qu'une telle pression ajoute singulièrement à leur solidité (67).

86. Dans la fabrication ordinaire, tout se fait manuellement, et sans autres instrumens que les moules. Le pétrissage, opéré par les mains et les pieds des ouvriers, est sujet à plusieurs inconvéniens, et quel que soit le soin et l'attention qu'ils mettent dans cette importante manipulation, ils ne parviennent jamais à un pétrissage aussi parfait que par les moyens mécaniques.

87. Les surfaces des briques ordinaires, raboteuses et peu régulières, absorbent une quantité exubérante de mortier, et lorsqu'elles sont superposées, elles n'ont qu'un petit nombre de points de contact. Outre cela, elles n'ont point éprouvé cette pression qui leur est si avantageuse, et que les moyens mécaniques opèrent avec facilité.

88. Tous ces motifs, réunis à l'importante considération de l'économie dans la main d'œuvre, devraient engager les fabricans à adopter les procédés que nous allons décrire, ou d'autres équivalens; et l'on ne saurait trop recommander aux architectes, qui ont de grands travaux à diriger, d'exiger rigoureusement que les briques qui leur seront fournies soient confectionnées par

ces nouveaux procédés. Ils obtiendront ainsi plus de solidité avec une moindre quantité de matériaux, car la force des nouvelles briques leur permettra de diminuer l'épaisseur des murs et des autres parties où elles seront employées.

Fabrication des briques par des moyens mécaniques.

89. L'expérience a prouvé qu'en substituant ces moyens aux méthodes ordinaires, on obtient les avantages suivans : 1°. On n'expose point la santé des ouvriers, qui, dans les procédés ordinaires, passent les journées entières ayant les mains et les pieds dans l'argile, où souvent ils rencontrent des cailloux et des corps tranchans qui peuvent les estropier; 2°. on peut employer des ouvriers moins forts et moins intelligens; 3°. on obtient une économie de près de deux tiers sur la main d'œuvre; 4°. les briques sont plus régulières, plus unies, plus fortes; donnent moins de déchet dans le transport, et s'unissent au ciment avec plus de ténacité.

Procédés et machines de *Hattemberg*.

90. (*a*) La terre glaise est d'abord préparée dans un pétrin mécanique à manége, où elle est travaillée avec beaucoup plus de perfection et de célérité que par les moyens ordinaires. On se sert ensuite de la machine représentée fig. 1 (Pl. II), qui est composée de deux caisses en fer fondu, qui se placent aux deux extrémités du système dans une situation opposée. Les faces verticales extrêmes des deux caisses dont la fig. 1 indique la coupe, sont percées d'ouvertures *s s*, auxquelles on donne la forme que l'on veut faire prendre à la glaise. Aux faces intérieures opposées sont appliqués des pistons *r, r,* destinés à agir en

(*a*) *Bulletin de la* Société d'encouragement, 12e. année.

sens contraire dans une direction horizontale, et auxquels sont attachées des tiges traversées par l'axe coudé d'une grande roue *c*, placée entre les deux caisses, à égale distance de chacune d'elles. On place la terre préparée, ainsi qu'il a été dit précédemment, dans les deux caisses. Une manivelle *d*, portant un pignon *e*, imprime le mouvement à une petite roue *b* qui le transmet à la grande roue *c*, et imprime le mouvement alternatif de va-et-vient aux pistons *r r*, qui poussent la terre dans les caisses de fonte *mm*, et l'obligent à sortir par les ouvertures ou moules *s s*, qui lui donnent la forme qu'on désire.

91. Au moment où l'un des pistons est ramené vers le centre du mouvement, on ouvre le volet *p* de la caisse; on y jette une nouvelle quantité d'argile; on ferme ensuite le volet pour la retenir pendant que le piston la conduit et la presse contre le moule.

92. A mesure que les briques sortent du moule, elles sont coupées à l'aide d'un couteau, et descendent sur un plan incliné, garni d'une toile sans fin, qui facilite cette transposition. Le poids même des briques et la pression qu'elles éprouvent par la succession des autres briques qui sortent du moule, font tourner la toile sans fin, et par ce moyen elles glissent d'une extrémité à l'autre de ce plan incliné. Les moules *s s*, en fonte de fer, sont maintenus par le châssis en fer *t t*; on peut les changer à volonté, et construire ainsi avec facilité des tuiles, des corniches, des tuyaux et autres ouvrages en terre cuite.

93. Cette méthode, en usage à Pétersbourg, donne des produits dont la perfection surpasse infiniment ceux qu'on obtient par les procédés anciens. D'abord, la terre est mieux préparée par un procédé mécanique que par le seul effort des hommes; ensuite, la forte pression que cette terre éprouve rend les briques nécessairement plus compactes et plus propres à résister à de fortes

charges. Ces briques prennent les enduits beaucoup mieux que les anciennes, et en consomment beaucoup moins.

94. Trois personnes fabriquent six mille briques par jour.

Machine de M. *Kinsley* (*a*) employée en Angleterre pour la fabrication des briques Pl. II, fig. 2 et 3.

95. Cette machine remplit le double but, 1°. celui de pétrir et délayer l'argile; 2° celui de fabriquer immédiatement les briques. Elle consiste en un baquet qui a la forme d'un cône renversé : deux montans verticaux, assemblés à leur sommet par une traverse, supportent ce baquet, et le suspendent au-dessus d'une plate-forme. Une tige verticale passe au milieu de la traverse, et s'étend jusqu'au fond du baquet auquel elle sert d'axe; à son extrémité supérieure est attaché un manége destiné à lui imprimer un mouvement de rotation. Elle est armée d'ailes (fig. 3) opposées deux à deux, qui lui sont perpendiculaires, mais dont le plan est incliné en sens contraire l'une de l'autre à l'horizon, sous un angle de 30 à 45 degrés. Cette inclinaison doit être en tel sens que les ailes présentent leur surface inférieure au chemin qu'elles parcourent. Ces ailes ont la forme de queue d'aronde : elles vont en diminuant de longueur, mais en augmentant de surface du haut en bas du baquet, dans une progression telle que les deux dernières sont de forme demi-circulaire, en sorte que, étant ramenées à la position horizontale, elles fermeraient le baquet. Cela posé, veut-on pétrir la terre, on ferme l'ouverture inférieure du baquet par un fond plein à coulisse; on fait entrer l'argile mêlée d'eau par l'ouverture supérieure; on imprime le mouvement à la tige au moyen du manége; les ailes, dans leur mouvement de rotation, en frappant

---

(*a*) *Repertory of arts*, 1re. Série, tome 3.

sur l'argile, la délayent et la pétrissent autant qu'il est nécessaire.

96. Cette opération étant terminée, il s'agit de faire prendre à la terre les diverses formes que l'on désire lui donner; pour cet effet, on substitue au fond plein qui ferme le baquet un autre fond auquel sont pratiquées des ouvertures de différentes grandeurs proportionnées à l'ouverture des moules qu'on y adapte. Ces moules, placés à la suite les uns des autres, sont portés sur les rouleaux mobiles qui reposent sur la plate-forme; ils sont poussés en avant par une crémaillère que l'on arrête à l'aide d'un levier ou d'une roue dentée; un contre-poids attaché à cette crémaillère tend à la faire avancer de manière que tous les moules passent successivement sous le baquet; un cliquet adapté à la roue sert à régler le mouvement et à déterminer la position du moule.

97. L'argile mise dans le baquet est promptement pétrie et délayée par l'effet du moulinet, et ensuite fortement comprimée par la pression de ce même moulinet, qui exerce sur la terre glaise l'action d'une vis.

CHAPITRE III.

Pulvérisation de diverses substances employées dans les arts dépendans de l'architecture civile.

98. Dans les exploitations momentanées, dans les constructions ordinaires, ces sortes d'opérations se font toujours à bras d'homme; il n'en est pas ainsi dans les exploitations continues et dans les travaux importans; les moyens mécaniques sont alors préférables, et l'expérience a démontré qu'ils procurent de meilleurs produits avec une moindre dépense.

Pulvérisation du plâtre.

99. Le battage du plâtre fait avec des battes ferrées par un homme vigoureux travaillant dix heures par jour, produit dans une journée de travail 150 à 180 litres, y compris le temps de recharger l'aire et de tamiser.

100. Le battage mécanique est en usage dans plusieurs contrées. Aux environs de Strasbourg, il existe plus de cinq cents machines qui pulvérisent le plâtre exploité dans les carrières qui s'y trouvent; les neuf dixièmes de leur produit sont employés comme engrais pour les prairies artificielles, et le reste sert pour les constructions. Plusieurs de ces machines sont mues par des chevaux, quelques-unes par une vache dirigée par une femme, et d'autres par une roue hydraulique.

101. Le produit des machines, mues pendant dix-huit heures par deux chevaux qui se relayent, peut s'élever à 900 litres.

Le produit de celles qu'une petite vache fait mouvoir s'élève à 200 litres.

Les machines mues par l'eau, qui sont au nombre de six à sept, produisent de 2500 à 3000 litres. Le plâtre cru, pulvérisé dans ces usines, se vend 30 cent. le boisseau de 11 litres; calciné, il monte à 40 cent.; et le plus fin, pour moulures et figures, coûte 1 fr. 25 cent. à 1 fr. 50 cent. Ce dernier se trouve dans les veines les plus pures de la carrière : on le calcine à part après l'avoir broyé.

102. La pulvérisation mécanique est opérée par des meules ou des pilons. Les meules sont généralement préférées dans les usines animées par un courant d'eau; elles sont le plus souvent horizontales, et disposées comme celles d'un moulin à mouture. Les meules des machines à moteurs animés sont verticales et

tournent dans une espèce de bassin circulaire, dont le fond est horizontal. Il y a des machines qui ont deux meules verticales parallèles, d'autres n'en ont qu'une. Les meules sont en pierre dure. Celles mues par un cheval ont un mètre trente centimètres de diamètre, et trente-cinq centimètres d'épaisseur; elles sont fixées à un arbre vertical *b b* fig. 5 (Pl. II) de deux mètres de hauteur, qui tourne à pivot par ses deux extrémités : ces meules, qui se meuvent circulairement sur un aire à rebord *c c*, d'un mètre soixante-cinq centimètres de diamètre, sont légèrement inclinées du centre à la circonférence; elles sont traversées par leur centre d'une flèche ou bras de levier *d d*, long de deux à trois mètres, auquel on attache le cheval; un rateau en fer *e* fixé à l'arbre vertical, et large de dix-huit centimètres, sert à remuer le plâtre à mesure qu'on le pulvérise.

103. Au Caire, et dans les principales ville d'Égypte, il existe des machines à peu près semblables aux précédentes pour broyer la pierre à plâtre qui y est de très-bonne qualité. Une de ces machines est représentée fig. 6 (Pl. II). On voit qu'elle consiste en une meule tournante, mue par un bœuf, un mauvais cheval, ou par deux ânes. La meule tournante est ordinairement un tronçon de colonne granitique cannelée, d'un mètre à un mètre trente centimètres de diamètre, sciée à une épaisseur de soixante centimètres plus ou moins. Un dez terminé par une surface conique, s'élève du milieu de l'aire, qui est elle-même légèrement conique. La meule tourne sur l'éminence dont nous venons de parler. Cette disposition est vicieuse; il faut constamment suivre la pulvérisation pour entretenir l'action de la meule, le plâtre pulvérisé demandant à être relevé plusieurs fois pour obtenir le degré de finesse convenable; et il faut au moins deux hommes pour cette manœuvre.

Pulvérisation du ciment.

Moulin hollandais à broyer le ciment ou la pierre d'Andernack.

104. La fig. 4 (Pl. II) représente le mécanisme contenu dans ce moulin, avec lequel les Hollandais réduisent en poudre les moellons volcaniques de Boul et d'Andernack. Ces moellons très-compactes, et difficiles à broyer, fournissent un ciment qui, mêlé à une égale quantité de chaux, forme un mortier très-solide, et impénétrable à l'eau : aussi l'emploie-t-on dans la préparation des mortiers qui servent à la construction des digues importantes et des habitations souterraines, où l'on a le plus grand intérêt d'empêcher la filtration des eaux.

105. La machine est mise en action par le vent, et opère au moyen de douze pilons assemblés quatre à quatre dans trois cages particulières. L'axe du volant porte une roue garnie de 51 *alluchons* de champ, qui engrène avec le rouet horizontal *a*, attaché à l'extrémité supérieure de l'arbre vertical. (La fig. n'indique ni le volant ni la roue annexée à son axe.) Le rouet fait mouvoir la lanterne *b* garnie de 19 fuseaux, et cette dernière transmet le mouvement à la roue *c*, garnie de 67 dents. L'axe *d* de cette roue est garni de 36 cames, distribuées de manière que chaque pilon est levé trois fois pendant que l'axe fait une révolution. Les pilons *f i*, se meuvent entre les moises ou prisons *g*, *g*. Les piles *k* ont le fond et le côté postérieur garnis de platines de fer. C'est sur ces platines que l'on pose les matières à pulvériser : une barre de fer *o*, placée sur le devant des piles, soutient l'effort du ciment vers cette partie, et sert d'attache à un grillage vertical *q*, qui ne laisse passer que les morceaux déjà broyés à un certain point. Un crible horizontal *r* s'appuie contre ce grillage; il est attaché d'un côté par une charnière couverte d'une

bande de cuir et de l'autre par des cordes *s* attachées aux pilons de la manière que nous indiquerons bientôt. Une caisse *u* placée au-dessous reçoit le ciment passé par le crible *r*.

106. Lorsqu'on veut broyer le ciment dans les moulins que nous venons de décrire, l'on charge les piles du côté *p* de toute la quantité de ciment qu'elles peuvent contenir, et l'on donne ensuite le mouvement au moulin. A mesure que les pilons réduisent la matière en poudre, et que cette matière, en s'échappant par les mailles assez larges de la grille verticale *q*, laisse des vides, ils sont presqu'aussitôt remplis par les morceaux de ciment qui tombent de *p* dessous les pilons. L'ouvrier qui veille sur le travail du moulin a soin d'en garnir, autant qu'il faut, les piles, pour que les pilons n'en manquent pas.

107. Pendant que les pilons broyent, la partie de ce ciment qui peut s'échapper des piles ou mortiers par le grillage *q* est reçue sur un crible carré *r*, placé à côté, et au-dessous de ce grillage *q*. Le crible, outre cela, présente un plan incliné sur la route que suit la matière broyée. Ce qui peut passer à travers le crible tombe dans une grande caisse *u*; mais ce qui est trop gros coule et tombe sur le plancher *w*. Pour faciliter le passage du ciment, suffisamment broyé, à travers le grillage du crible, on a pris le parti de communiquer au crible un mouvement et des secousses propres à accélérer cet effet. Le crible est fixé au massif de la base des piles par une charnière qui règne le long d'une de ses faces; et, dans deux points de l'autre face opposée, il est attaché par une corde et un fléau à deux des quatre pilons dont il doit cribler le travail. Dès que l'un des deux pilons monte, le crible est soulevé, et il retombe avec le pilon, puis il reste en repos pendant que chacun des deux autres pilons joue. Ainsi ce crible est autant en repos qu'en mouvement : lorsqu'il est en repos, il reçoit la matière broyée; lorsqu'il est en mouvement,

il en facilite le passage par les secousses. D'un autre côté, les morceaux qui ne sont pas assez fins pour passer, malgré les secousses, à travers le grillage, après avoir franchi le crible à la faveur de la petite inclinaison qu'on lui a donnée, tombent sur le plancher *w*, et l'ouvrier qui veille au moulin ramasse tous ces morceaux et les rejette avec une pelle dans les piles.

108. Il est nécessaire que la charnière du crible soit recouverte d'une bande de cuir, pour empêcher que le ciment le plus fin ne s'insinue, en traversant la charnière, dans les vides qui s'y trouvent, et n'en arrête totalement le jeu.

109. Le grillage du crible est composé de gros fils de fer assemblés parallèlement entre eux, et maintenus par un double tissu de fil de léton. Ce grillage est monté très-solidement sur un cadre de bois, fortifié par des tringles ou traverses de bois, placées à environ un décimètre de distance les unes des autres. Ces tringles partagent la superficie du grillage du crible en plusieurs bandes que suit le ciment broyé, parce que ces bandes sont dans la direction du plan incliné du crible, et que le ciment est entraîné suivant cette direction depuis les piles jusqu'aux planches *w*.

Machine à broyer du tuileau, pour faire le ciment, par *Perronet*.

110. Cette machine, représentée fig. 1 (Pl. III), était composée d'une large roue tournante, dont on voit en A une des enrayures; elle était de bois rempli intérieurement de vieux fer, plomb et autres matières pesantes, et sa circonférence était recouverte de bandes de fer. Une futaille B servait à mesurer le ciment à mesure qu'il était écrasé.

111. Cette machine, conduite par un homme et mue avec un cheval, broyait communément trois futailles de 5 pieds cubes, faisant 15 pieds cubes par jour.

Confection du mortier.

Machine de *Perronet* (Pl. III, fig. 2).

112. Cette machine fut employée, comme la précédente, aux travaux du pont de Neuilly. C'est une espèce de râteau mu circulairement dans un bassin par un manége; elle était mue par un cheval que conduisait un homme; on relayait le cheval de deux heures en deux heures. Elle faisait six bassinées en douze heures : la bassinée était composée de 12 pieds cubes de chaux et 24 de sable de rivière, ce qui donnait, pour les six bassinées faites dans un jour, 72 pieds cubes de chaux et 144 pieds cubes de sable. On a observé que ce mélange n'avait produit que 155 pieds cubes de mortier, parce que la chaux se place, en grande partie, dans les interstices du sable, plus ou moins, suivant sa grosseur.

113. L'emploi de cette machine n'a pas paru apporter une économie bien sensible dans la main d'œuvre; mais elle a le très-grand avantage d'assurer la qualité du mortier. Sous ce rapport il serait à désirer qu'elle fût adoptée dans tous les grands travaux, d'autant plus qu'elle est simple, peu coûteuse, et d'une construction facile.

Machines à broyer les couleurs.

114. Nous étant proposé de réunir dans ce chapitre toutes les machines à broyer dont les arts dépendans de l'architecture civile font usage, nous ne pouvons nous dispenser de parler de celles propres à broyer les couleurs, parmi lesquelles on distinguera spécialement la machine suivante.

Machine de M. *Molard.*

115. Cette machine, destinée à broyer les couleurs dans l'humide, consiste en deux cylindres de fonte, bien polis, de trois décimètres de long sur autant de diamètre; ils sont accolés horizontalement dans un châssis de bois. Ces deux cylindres, qui ont des vitesses différentes, opèrent tout à la fois un laminage et un broiement. L'un porte sur son axe une roue de trente dents, et a un mouvement plus rapide que l'autre, dont le pignon a vingt-quatre dents, et engrène celui de trente : la différence entre les vitesses des deux cylindres est comme 4 à 5. La manivelle ou *récepteur* s'adapte à ce dernier cylindre.

116. Deux trémies, réunies par leur base, recouvrent les cylindres; elles sont mobiles et destinées à recevoir la couleur; leur mouvement est indépendant de celui des cylindres. Le fond de l'une de ces tremies est garni d'une petite porte pour laisser échapper la couleur broyée, qu'on jette dans la trémie supérieure; lorsqu'elle a passé entre les cylindres, on renverse cette trémie, afin que la couleur soit broyée une seconde fois : on continue cette opération jusqu'à ce qu'on juge que la trituration soit achevée.

117. L'utilité de cette machine se fait surtout sentir, lorsqu'on l'emploie à broyer les couleurs qui répandent des émanations délétères si nuisibles à la santé des ouvriers, puisque les réservoirs qui contiennent la matière sont fermés.

Cette machine est aujourd'hui employée en Belgique pour l'extraction de l'huile de colza.

Meules à broyer les couleurs, établies dans le moulin de Rochefort.

118. M. *Hubert* a établi dans le beau moulin à draguer de Rochefort, des meules à broyer les couleurs dont on se sert

pour peindre l'extérieur et l'intérieur des vaisseaux. Ces meules sont horizontales et accouplées comme celles des moulins à mouture; l'inférieure est fixe, la supérieure tourne autour d'un axe vertical. Quatre couples de meules sont mues par le vent, ainsi que les autres mécanismes placés dans le même moulin.

CHAPITRE IV.

Machines à tailler le bois et la pierre.

Scies à bras.

Scies à refendre, des menuisiers. Pl. IV, fig. 1.

119. Elle est composée d'un châssis de bois et d'un fer de scie placé au milieu de ce châssis; elle a un mètre à peu près de hauteur et six à sept décimètres de largeur; le fer de la scie à refendre est arrêté par le bas dans une équerre de fer, et par le haut, dans un morceau de bois qui est percé d'une mortaise, et dans laquelle entre le sommier de la scie : au-dessus de cette mortaise et en sens contraire, est percée une autre mortaise dans laquelle passe une clef en forme de coin, qui sert à roidir la scie. Au-dessus de la mortaise de la clef et du même sens que celle du sommier, est percé un trou dans lequel passe une cheville qui retient la scie; la lame a un décimètre de largeur sur trois millimètres d'épaisseur du côté de la denture, et deux de l'autre côté; les dents ont environ neuf millimètres de large et doivent avoir pour ouverture un angle de 60 degrés; en général, elles ne doivent pas être droites, c'est-à-dire, il faut qu'elles penchent plus d'un côté que de l'autre, sans pour cela rien changer à leur ouverture. Celles des scies à refendre et à débiter doivent être

plus inclinées que les autres; cependant il ne faut pas les incliner plus que le tiers de leur largeur; ce qui se fait (fig. 2), en divisant la largeur des dents en trois parties égales, d'une desquelles on abaisse une perpendiculaire par laquelle passe le sommet de l'angle de la dent.

On voit (fig. 2) les pentes des dents des scies que l'on emploie plus fréquemment.

Les dents des grosses scies se liment obliquement, afin de les faire mordre davantage. L'inclinaison doit être du haut en bas, sans quoi on ne pourrait s'en servir.

120. Les figures 3, 4, 5, 8, 9, 10 représentent d'autres scies employées par les menuisiers.

Scie des scieurs de long. Pl. IV, fig. 6.

121. Elle est composée d'un châssis de sapin; elle est fixée dans deux anneaux de fer; et les anneaux sont serrés par des coins de bois qui tirent la lame et la raidissent. Sur le haut et sur le bas de la scie sont deux poignées avec lesquelles les hommes qui la font mouvoir la tirent du haut en bas et du bas en haut.

122. Le fer de la scie (fig. 7) est une lame de fer plate, d'environ 3 millimètres d'épaisseur sur huit centimètres de largeur par les bouts et onze au milieu. Pour être bonne, elle doit être plus épaisse du côté de la denture que par derrière, et être exempte de pailles et d'inégalités; ses dents sont courbes de manière à présenter un angle aigu au fil de bois, afin de le déchirer et le rompre avec facilité; elles sont à 27 millimètres l'une de l'autre, et ont huit à dix millimètres de profondeur; elles ne se liment pas carrément, mais de biais, chaque dent à contresens l'une de l'autre.

Il faut observer que ce biais ne règne que dans la partie

creuse de la dent, et que le bas est à angle droit ou d'équerre avec la scie.

123. En général les dents doivent *avoir de la voie*, c'est-à-dire, doivent être écartées en dehors de leur épaisseur, les unes à droite, les autres à gauche, afin qu'elles passent mieux dans le bois.

On donne plus ou moins de voie aux scies suivant leurs divers usages; mais en général, le moins qu'on peut en donner est le meilleur; en tout cas, il faut faire attention que la *voie* ne doit jamais surpasser la moitié de son épaisseur, parce que, si cela était, la scie ferait deux traits, et par conséquent, elle ne pourrait plus aller.

124. Les scieurs de long se servent pour les ouvrages cintrés de scies nommées *raquettes*, lesquelles ne diffèrent des autres qu'en ce que la feuille ou lame n'a que 27 ou 30 millimètres de largeur, afin de pouvoir tourner plus facilement.

125. La scie est mue, dans beaucoup d'endroits, par deux hommes; dans d'autres, par trois.

126. (*a*) Trois scieurs de long font ordinairement en une heure sur du chêne encore vert, un trait de scie de 36 décimètres de long sur 3 décimètres de large. Ils donnent 50 coups de scie par minute; la scie est élevée et abaissée dans chaque coup, de huit décimètres environ. L'effort moyen de chaque homme est de treize kilogrammes. Les scieurs de long travaillent douze heures par jour, et peuvent obtenir dans leur journée vingt planches de deux mètres de long sur seize centimètres de large. Lorsque la scie est mise en mouvement par deux hommes, ces deux scieurs font les deux tiers du travail que font les trois scieurs.

(*a*) *Traité de l'art du Charpentier, par* Hassenfratz.

Machines à tailler les dents des scies.

127. Cette machine, inventée par *M. Massuco de Castellamonte*, sert à tailler les dents des scies des scieurs de long et des moulins à scier le bois : elle est remarquable par sa grande simplicité, autant que par la précision avec laquelle elle agit. Elle consiste en un emporte-pièce, de forme convenable, fixé sur la face extérieure d'une tige carrée, qui glisse dans une coulisse verticale. Le support sur lequel on pose la lame de la scie qu'on veut tailler offre une entaille ou échancrure de même forme que l'emporte-pièce, et dans laquelle celui-ci peut entrer quand on frappe sur la tige pour former une dent de la scie. Un ressort placé sous cette tige sert à la relever à chaque coup ; enfin une cheville, fixée sur le support à une distance donnée de l'échancrure dont nous avons parlé, sert successivement de point d'appui aux dents déjà taillées, et oblige à mettre entre toutes les dents des intervalles parfaitement égaux.

128. Deux hommes sont nécessaires pour le service de cette machine, le maître forgeron qui guide la lame de la scie, et le compagnon qui frappe sur l'emporte-pièce avec une masse du poids de trois kilogrammes et demi. Le maître, pendant le coup de marteau, n'a d'autre soin que de tenir la lame près de la tige de l'emporte-pièce, l'une des dents déjà taillées étant accrochée sur la cheville. Après le coup, il pousse la lame, et accroche la dent suivante, et ainsi successivement. Ce travail s'exécute avec beaucoup de célérité.

Des scies mécaniques.

Scieries à eau Pl. IV, fig. 11.

139. L'expérience a démontré qu'une lame de scie, mue par l'eau, fait ordinairement autant d'ouvrage en une heure que trois lames de scie mues par neuf hommes; et, comme les scieries vont nuit et jour, elles font en 24 heures autant d'ouvrage que 18 hommes.

140. Une scie mécanique doit produire deux mouvemens simultanés, celui de l'élévation ou de l'abaissement de la lame tranchante et celui de l'avancement de la pièce de bois à mesure que l'entaille augmente.

141. Les scies mécaniques donnent ordinairement de 40 à 50 coups par minute.

142. L'élévation et la dépression sont produites par une manivelle A, combinée avec une biéle B, adaptée au châssis de la scie, lequel se meut dans des coulisses verticales C C.

143. L'avancement de la pièce de bois à scier est produit de la manière suivante. Cette pièce D est placée solidement sur le chariot M M, qui est lui-même posé sur un châssis horizontal fixe et à feuillures F F. Le dessous du chariot est garni de rouleaux de fonte *a a*, qui lui donnent plus de mobilité. Un axe horizontal G est suspendu à la distance d'un mètre ou un mètre et demi du châssis de la scie; deux branches H et L sont insérées dans cet axe. La branche L sert de support au levier N, à l'extrémité inférieure duquel est emmanché un fer un peu recourbé, en forme de pied de biche *b*, qui repose sur une roue de fer *c*, à dents obliques, fixée à l'extrémité d'un treuil Q.

144. La branche H entre dans une ouverture faite à la partie supérieure P de la scie, de sorte que chacun de ses

mouvemens élève ou abaisse le bout de cette branche, et fait conséquemment tourner l'axe G, qui ne peut se mouvoir sans pousser ou retirer le levier N à pied de biche. Toutes les fois que ce levier est poussé en avant, il oblige la roue *c* de tourner. La roue *c* est adaptée à un treuil K, garni d'une roue dentée qui agit sur une crémaillère en dessous du chariot. De cette manière, le mouvement alternatif vertical de la scie est combiné avec le mouvement horizontal progressif du chariot, et le second dépend entièrement du premier. Comme chaque coup de scie avance dans le bois d'une quantité qui dépend de sa dureté et de son épaisseur, il faut que l'avancement soit égal à cette quantité. On doit remarquer que la branche L est percée de plusieurs trous, pour avoir la faculté de rapprocher plus ou moins l'insertion du levier N au centre de rotation G, et pour faire varier la vitesse du mouvement que la roue *c*, poussée par ce levier, communique au chariot. Lorsque le bois à refendre est très-gros ou très-dur, on place l'extrémité du pied de biche dans le trou supérieur; quand, au contraire, le bois est mince ou tendre, on place le pied de biche dans le trou le plus bas. Dans le premier cas, le mouvement ou l'avancement de la pièce de bois est retardé, et dans le second, il est accéléré.

145. Dans quelques scieries, le mouvement progressif du chariot est produit de la manière indiquée fig. 12, où l'on voit que le treuil K est environné d'une corde dont les bouts sont attachés aux extrémités du chariot; lorsque le treuil tourne dans un sens, le chariot avance, et, lorsqu'il tourne en sens inverse, il rétrograde.

146. Pour que la lame de la scie soit bien tendue et sans oscillation, on place dans la partie supérieure du châssis deux vis *m m*, avec lesquelles on donne à la scie toute la roideur

qu'elle doit avoir. Le taillant de la scie doit avoir une légère inclinaison dépendante de la profondeur de chaque coup, pour que les premières dents ne pénètrent qu'à une petite profondeur, et que les autres exercent successivement leur action.

147. Les fig. 13 et 14 (Pl. IV) représentent le plan et l'élévation d'une scierie hydraulique, où l'on remarque que la machine même a la propriété de traîner un chariot secondaire N, destiné à transporter les pièces hors de la scierie, et à les conduire jusque sur le chariot principal M.

148. A, roue à aube. — B, vanne que l'on manœuvre au moyen du levier *bb*, et qui règle la quantité d'eau qu'il faut donner à la roue. — C, roue dentée fixée sur l'arbre de la roue à aube, qui engrène d'un côté avec la lanterne D, destinée à faire mouvoir le treuil qui tire le chariot N, et de l'autre avec la lanterne E, à laquelle est annexée la manivelle F, qui met en mouvement la scie. — G, pied de biche. — L, roue qui reçoit l'action du pied de biche pour faire avancer le chariot M.

149. *Bélidor* a fait construire à la Fère une scierie à eau. Après avoir examiné l'action de l'eau et calculé tous les effets de la machine, il a trouvé que l'effort exercé sur la scie, pour lui faire donner 48 traits par minute, en faisant une entaille de 8 millimètres par coup, est de 267 kil.

Scieries à vent. Pl. V, fig. 1.

150. Les scieries à vent, particulièrement en usage en Hollande, ne diffèrent des scieries hydrauliques que par la manière de transmettre le mouvement. Ces sortes de scieries ont ordinairement trois châssis, qui portent chacun plusieurs lames, afin d'en faire agir chaque fois un nombre dépendant de la force du vent. Les lettres *a b c* indiquent ces trois châssis, mus par des manivelles coudées, adaptées à l'axe de la lanterne *d*,

qui engrène avec la roue *t*; l'axe de cette roue porte une seconde lanterne *e*, mise en mouvement par le grand rouet, annexé à l'arbre du volant *h h*. — *l*, communication du mouvement au chariot de transport d'une pièce de bois qu'on introduit dans le moulin. Ce mouvement, et celui transmis au chariot *q*, sont dessinés sur une plus grande échelle (fig. 2).

Scieries à manége Pl. V, fig. 3.

151. Le travail d'un cheval appliqué à une scierie mécanique équivaut à peu près à celui de trois scieurs de long. — A A, manège. — B, grande roue horizontale dentée qui engrène avec la lanterne C. Les rapports de leurs diamètres doivent être tels, qu'en supposant que les chevaux pussent faire deux tours au manége par minute, la lanterne en fasse 48. L'axe de la lanterne porte la manivelle D, qui met en mouvement le châssis de la scie. Le mécanisme, pour faire avancer le chariot, est le même que celui d'une scierie hydraulique. La machine doit être construite de manière qu'elle puisse être démontée, transportée et remontée avec facilité partout où le besoin le requerra.

Scieries à vapeur.

152. Ces sortes de machines ne se distinguent des précédentes que par le moteur qui les anime, et par le *récepteur* qui reçoit son action et la leur transmet.

153. Dans les grandes exploitations, les scieries à vapeur pourraient être d'une grande utilité, soit pour équarrir les bois, soit pour le débiter en planches, et sont, en général, plus avantageuses que celles à manége.

Il existe en Angleterre plusieurs de ces machines; on admire entre autres celles que M. Brunel, très-habile in-

génieur français, a établies dans les arsenaux de Woolwich et de Chatam, dont l'appareil n'est presqu'entièrement composé que de fer et de cuivre. Ces scies sont animées d'une grande vitesse, et leur travail est immense.

Scie à lame sans fin, par M. *Tiroude*. Pl. V, fig. 4.

154. On voit au Conservatoire des arts et métiers le modèle de cette machine, composée d'une lame de scie dont les deux bouts sont réunis ou sans fin; elle embrasse deux plateaux circulaires tournant sur leurs axes, et placés à une distance plus ou moins grande l'un de l'autre, suivant la longueur de la scie. Ces plateaux sont montés sur un châssis de manière qu'en leur imprimant le mouvement de rotation dans le même sens, on fait circuler la lame qui refend le bois, placé sur un chariot, à la manière ordinaire. Un poids proportionné à la dureté et à la grosseur du bois à refendre, fait avancer celui-ci contre la partie de la scie qui forme une ligne droite tangente aux deux plateaux qu'elle embrasse et qui l'obligent à circuler.

155. La scie sans fin coupe le bois sans interruption, pendant tout le temps qu'on fait tourner les plateaux qui lui transmettent le mouvement.

156. M. *Tiroude* a fait exécuter, d'après ce principe, un moulin à débiter les bois, dont il s'est servi avantageusement pour refendre des liteaux qui composent la vis d'Archimède.

157. — *a a*, plateau circulaire garni de pointes saillantes. — *b b b b*, également espacées; ces pointes correspondent à des trous percés dans la lame, et forment ainsi une sorte d'engrenage qui retient la lame et favorise sa circulation. Les plateaux sont mus à l'aide de la manivelle *c*. Des coins *d d d d*, posés dans les rainures pratiquées aux insertions des montans dans les tra-

verses, servent à tendre ou à relâcher la lame. — *m m*, chariot sur lequel repose la pièce de bois que l'on doit scier. — *p*, poids qui tend à faire avancer le chariot contre les dents de la scie à mesure que le sciage s'opère.

Scies circulaires ou fraises. Pl. V, fig. 5.

158. Ces sortes de scies sont composées d'une lame annulaire dont la circonférence extérieure est garnie de dents, et l'intérieure est insérée et fortement retenue entre deux plateaux circulaires, dont l'un est inamovible et solidement fixé sur l'axe de la roue; et l'autre, retenu par des vis, peut se détacher toutes les fois que l'on veut changer la lame. Ces mêmes vis servent encore à resserrer fortement la lame pour l'empêcher de se gauchir.

159. Les scies circulaires communiquent le mouvement progressif au chariot *m* de la manière suivante : l'axe de la roue à scie A porte deux roues à dentures coniques *b b*, qui engrènent avec deux autres roues *d d*, lesquelles sont adaptées à deux longues vis *q q*, qui, agissant sur des écrous placés à la partie inférieure du chariot, font avancer ou reculer le chariot suivant la nature du mouvement imprimé à la roue à scie.

160. M. *Brunel* a établi auprès de Londres un atelier de scies circulaires, qui servent à débiter le bois en feuillets de deux à trois millim. d'épaisseur. La plus grande de ces scies a près de six mètres de diamètre. Le travail (*a*) est fait avec tant de perfection, que les ébénistes n'ont, pour ainsi dire, pas besoin de raboter les feuillets qui sortent de la scierie; ils n'ont qu'à les

(*a*) *Mémoires sur la Marine et les Ponts et Chaussées de France et d'Angleterre, par M.* Dupin.

frotter pour en faire disparaître les aspérités, et ils sont alors parfaitement aplanis.

161. Les scies circulaires ne servent qu'à débiter des pièces de petites dimensions, et ne sont pas applicables au sciage de long. La propriété réellement utile dont elles jouissent, est d'être inflexibles, au lieu que les scies ordinaires ont toujours un petit mouvement d'oscillation qui s'oppose à l'exactitude du trait.

Scie apte à donner une double courbure au bois. Pl. V, fig. 6.

162. La lame de cette scie 1 est courbée circulairement; elle est soutenue par deux branches de fer 2 2 adaptées à un axe vertical et tournant 3. Cet axe est inséré dans une espèce de fourche 4 placée à l'extrémité d'un levier 5 5, mobile autour du centre de rotation 6. Une tringle 7 7 part d'une des branches 2, et s'unit à son autre extrémité avec la manivelle 8, de telle sorte, qu'en faisant tourner la manivelle, la tringle reçoit un mouvement de va et vient qu'elle transmet à la scie, laquelle décrit ainsi des oscillations circulaires alternatives autour de son axe 3. En même temps le poids du grand levier 5 5 oblige l'extrémité à laquelle est adaptée la scie de s'abaisser circulairement à mesure que le sciage s'opère.

163. On conçoit aisément que les deux mouvemens combinés du levier et de la scie doivent produire un sciage à double courbure; et qu'on peut faire varier cette courbure en allongeant ou raccourcissant le levier 5 5 et la tringle 7 7. A cet effet elles sont percées l'une et l'autre de plusieurs trous où l'on introduit le boulon de rotation et la manivelle. Cette espèce de scie est susceptible de plusieurs applications utiles aux travaux d'ébénisterie.

Rabots mécaniques pour l'aplanissement des bois.

164. On admire dans l'arsenal de Woolwich une machine très-importante, où l'on a fait une application extrêmement ingénieuse de la presse hydraulique. Cette presse, inventée par *Pascal* et mise en usage par *Bramah*, est décrite dans le traité de la composition des machines (706). Elle produit des effets étonnans; avec son secours on arrache sans peine les racines des troncs d'arbres les plus considérables. *Bramah* a construit des presses qui, avec un effort de 100 livres, de la part du moteur, produisent une pression équivalente au poids de plus de 72 milliers.

165. (*a*) Dans la machine de Woolwich, une roue horizontale est armée de trente-deux gouges également espacées, et de deux rabots situés aux extrémités d'un diamètre de cette roue que fait tourner au besoin une machine à vapeur. Le tranchant des trente-deux gouges et des deux rabots se trouve tangent à un même plan horizontal. La pièce de bois qu'il faut aplanir se meut en ligne droite sur un chariot que fait avancer uniformément une presse hydraulique, pareillement mue par la machine à vapeur. Si donc la pièce avance d'un centimètre pendant que la roue fait une demi-révolution, seize gouges auront tracé sur le bois seize rainures distinctes et comprises sur la largeur d'un centimètre seulement. Aussitôt après, les quinze aspérités légères qui séparent ces seizes rainures seront emportées par un coup de rabot qui suit les seize gouges. En moins d'une minute on aplanit ainsi les flasques du plus grand affût de marine.

166. Une presse hydraulique particulière sert à élever plus

(*a*) *Mémoires sur la Marine et les Ponts et Chaussées de France et d'Angleterre, par M.* Dupin.

ou moins l'axe vertical de la roue armée de gouges, afin de pouvoir aplanir des pièces de bois plus ou moins épaisses.

Taille des pierres.

167. Les tailleurs et scieurs de pierres ont deux sortes de scies, les unes à dents (fig. 15, Pl. IV), les autres sans dents; les premières servent à scier la pierre tendre; les secondes débitent les pierres dures et les marbres, et les usent peu à peu par le moyen du sable et de l'eau que le scieur y met avec une longue cuillère.

168. Les fig. 16 et 17, (Pl. IV) représentent des scies mécaniques mues par un moteur quelconque. Plusieurs lames, dont le nombre est proportionné à la force du moteur, sont placées dans deux cadres ou châssis *a a*. La partie supérieure d'un des châssis est figurée plus en grand (fig. 17) pour faire connaître de quelle manière on donne aux lames la tension convenable, au moyen des deux vis *p p*. Au-dessus des châssis correspondent les treuils *b b b b*, qui servent à les élever et à les abaisser suivant le besoin; des arcs *d d* sont assujettis sous les traverses qui soutiennent les treuils; ils sont percés de plusieurs trous, où l'on insinue des boulons qui, en arrêtant les barres des treuils, soutiennent les châssis au degré d'élévation nécessaire. L'ouvrier qui dirige la machine a soin de verser fréquemment de l'eau dans les entailles produites par le sciage, et d'y introduire du sable. On peut obtenir également cet effet en plaçant, au-dessus de la pierre à scier, des trémies contenant de l'eau et du sable qu'elles laissent écouler. Dans ce cas, le mouvement alternatif du châssis des scies doit communiquer aux trémies de petites oscillations qui se reproduiront à chaque allée et venue.

169. *M. Wright* a imaginé deux procédés pour tailler avec une scie des pièces cylindriques ou circulaires en pierre ou en

bois, en évitant le travail très-long et très-fatigant de les creuser suivant la méthode ordinaire.

170. *Premier procédé.* — Il commence par percer avec un foret le bloc vers le centre; il décrit autour de ce centre la circonférence que le cylindre doit avoir; ensuite il perce un ou deux autres trous dont les axes doivent être parallèles entre eux et parallèles à celui du centre, et doivent se rapporter à la circonférence décrite. Il introduit une lame de scie dans un des trous de la circonférence, et une tige de fer dans celui du centre; alors il réunit les deux bouts de la lame aux deux bouts de la tige par des traverses et des écrous, et forme ainsi une espèce de châssis, lequel permet à la lame de décrire une surface cylindrique, mais l'empêche de dévier hors de cette surface.

171. *Second procédé.* — Il adapte à la surface de la pierre, qui doit devenir la base du cylindre, une plaque métallique circulaire exactement égale à cette base, et un anneau concentrique tel que, entre la plaque et l'anneau, il n'y ait qu'un espace suffisant pour qu'une lame de scie puisse passer librement. Il perce perpendiculairement un trou entre la plaque et l'anneau, y introduit une lame de scie, et combine cette lame avec un châssis. Par cette dernière méthode il peut non-seulement décrire des cylindres, mais toute espèce de solides dont les bases parallèles et semblables peuvent être circonscrites par des courbes quelconques. Ainsi il peut de cette manière tailler des corniches ornées de moulures, des chenaux, des gouttières, des mitres de cheminées, des conduits d'eau, et autres ouvrages de cette nature.

172. Les fig. 17 et 18 (Pl. VI) représentent une machine que le célèbre *Perronet* a employée aux travaux du pont de Neuilly, pour forer les *gargouilles;* on appelle ainsi les trous pratiqués dans les voussoirs des arches d'un pont pour faciliter

l'écoulement des eaux. Des cames 1, 1, 1, agissent sur un bras de levier 2, lequel, au moyen d'une corde, communique avec le balancier 3 3 qui soutient également, au moyen d'une corde, le foret 4 4. Un homme fait agir cette machine en tournant une manivelle 5 dont le mouvement est régularisé par la roue à volant 6 6. Un ouvrier assis en 8 8 dirige le foret et le fait tourner sur son axe à chaque vibration.

CHAPITRE V.

De la polissure.

173. Toutes les espèces d'instrumens et de machines dont on se sert pour polir les métaux, les glaces, les marbres et les bois durs, ne sont, à proprement parler, que des limes très-douces, dont les aspérités extrêmement fines n'en font point partie, mais qui sont formées par des substances pulvérisées, d'une ténuité plus ou moins grande, qu'on interpose entre ces instrumens ou machines, et les objets qu'on veut polir. Nous énumérerons d'abord les substances aptes à produire cet effet, et nous décrirons ensuite les moyens d'effectuer la polissure.

Substances qui servent à la polissure.

174. On désigne souvent ces substances par le nom de *potées;* on en distingue de huit espèces.

175. 1°. *La moulée*, qui n'est autre chose que la boue qui se trouve au fond de l'auge des meules; elle s'emploie la première pour emporter les gros traits sur les cornes de bœuf, de mouton, de bouc et de cerf; sur l'os, l'ivoire, l'écaille, ainsi que sur les bois d'ébène, des Indes, et le buis.

176. 2°. Le *charbon de bois blanc* sert à polir, après la moulée, les ouvrages de corne communs; il est aussi très-bon pour le bois d'ébène, l'or, l'argent et le cuivre.

177. 3°. Le *tripoli* est une pierre tendre dans l'intérieur, mais environnée d'une espèce d'écorce rougeâtre, qui est plus dure que le centre. Le meilleur tripoli vient de Corfou, et se trouve dans une montagne appelée *Epiro*, proche un bourg connu sous le nom de *Santiquaranta*. Le tripoli doit être pilé dans un mortier, broyé sur une plaque de fer, et passé au tamis. Il polit les cornes, les os, les bois, la baleine, l'ivoire, la nacre, les cristaux. Il exige diverses préparations, suivant l'usage qu'on en veut faire. Pour la corne et l'ébène, le bois violet, la racine de buis et la nacre, on doit le mêler avec de l'huile d'olive; pour le bois rose, avec du suif; pour le bois de la Chine, avec de l'eau; et enfin, avec de l'urine ou du vinaigre, pour l'écaille, la baleine, l'os et l'ivoire.

178. 4°. L'*émeri* est l'espèce de potée dont on se sert le plus fréquemment; les lapidaires, les lunetiers, les manufacturiers de glaces, les couteliers, etc., en font un très-grand usage.

C'est un minéral très-réfractaire qu'on tire spécialement de l'Archipel et du Pérou. On broie l'émeri, ou à bras, ou par des moyens mécaniques.

Dans le premier cas, on le pile dans un mortier, et on le broie sur une plaque de fonte avec une masse également de fonte, du poids de 8 à 10 kil., disposée en forme de marteau. On recueille la poudre d'émeri ainsi pulvérisée, on la dépose dans un vase plein d'eau, on agite le tout; puis, laissant reposer, les parties les plus grossières se déposent au fond au bout d'une minute; alors l'eau est versée dans un second vase. C'est en répétant cette opération trois ou quatre fois qu'on obtient avec une grande facilité plusieurs espèces d'émeri, qui, variant de

finesse, peuvent servir aux divers degrés de polissure que l'on veut obtenir. Après avoir séparé ces différentes espèces d'émeri par le moyen de l'eau, il faut les faire sécher, et ensuite les mêler avec de l'huile d'olive.

179. L'opération de pulvériser et broyer l'émeri par des moyens mécaniques se fait avec des pilons et des moulins où deux meules horizontales de fonte tournent l'une sur l'autre, comme celles des moulins à mouture. Ces machines sont mues, soit par l'eau, soit par le vent, soit par des moteurs animés.

180. 5°. La *potée*, ou *oxide d'acier*, qu'on appelle aussi *colcothar*, safran de mars, se prépare par diverses méthodes. On se le procure quelquefois en ramassant celui qui se forme spontanément sur les plaques de fer qui sont aux fourneaux où l'on fait l'eau-forte. Un autre moyen facile est de verser de bon vinaigre sur de la limaille de fer bien nettoyée et renfermée dans un pot où on la laisse séjourner pendant 15 à 20 jours; l'oxide qu'on obtient par ce procédé doit être ensuite broyé sur une plaque de fer, passé au tamis fin, ou bien séparé en plusieurs degrés de finesse par la voie de l'eau, comme nous venons de l'indiquer pour l'émeri.

181. On obtient une potée excellente pour donner un beau poli à l'acier, en faisant chauffer à blanc le bout d'une barre d'acier; on présente ce bout à un bâton de soufre, qui est posé sur une feuille de tôle; aussitôt que l'acier touche le soufre, il se décompose à vue d'œil, se détache de la barre, coule sur la plaque, et tombe dans un seau plein d'eau posé au-dessous; on le retire de l'eau et on le broie.

182. M. *Guyton* (*a*), à l'occasion d'un rapport sur un rouge

---

(*a*) *Mémoires de l'Institut*, an X.

à polir présenté à l'Institut, a communiqué quelques observations sur les terres ocreuses rouges, pareilles à celle d'Almagra en Espagne, et qui pourraient remplacer dans bien des cas l'oxide de fer rouge, ou colcothar. Il a indiqué, comme un procédé très-économique et propre à donner le dernier poli aux matières les plus dures, l'emploi de morceaux de vieux chapeaux, que l'on sait être teints par le fer. En plongeant ces morceaux quelques minutes dans l'acide sulfurique, le fer qu'ils contiennent passe à l'état d'oxide rouge, et ils deviennent alors d'excellentes pièces à polir, propres à remplacer le rouge le plus fin.

183. 6°. *L'oxide d'étain* polit en dernier lieu l'or, l'argent, le cuivre, le fer et l'acier. Cette potée exige beaucoup de préparations. Avant de s'en servir, il faut la laver à l'eau bien claire plusieurs fois, ensuite à l'eau-de-vie, et la passer enfin à l'esprit-de-vin. La potée d'étain, délayée dans de l'eau-de-vie, donne à l'acier un poli brillant, mais blanchâtre. Pour avoir le beau poli noir, il faut la mêler avec la potée d'acier.

184. 7°. *La pierre ponce*, produit volcanique d'une grande légèreté, est propre à adoucir, en premier lieu, l'ivoire, la nacre, l'écaille, l'or, l'argent et le cuivre, quand on y fait des moulures ou guillochis. Quelquefois on la réduit en poudre, et souvent on s'en sert en morceaux, comme d'un frottoir : pour cet usage, il faut la prendre à *contre-fil*.

185. 8°. *Le blanc d'Espagne* donne le dernier lustre aux ouvrages. Il n'a besoin d'aucune préparation; on frotte seulement le petit pain de blanc sur une peau de buffle ou un morceau de chapeau que l'on colle sur une pièce de bois.

186. *Le charbon de bois blanc* tient lieu souvent de pierre ponce et de tripoli : pour la corne, on le broie sur une plaque de fer, on le passe au tamis, et on le mêle ensuite avec

l'huile d'olive. Pour polir l'ébène dont on veut réserver les pans bien vifs, il ne faut point le broyer; il suffit de choisir un charbon rond, et de la grosseur de deux à trois centimètres; on unit le bout avec une vieille lime bâtarde pour le faire porter d'aplomb sur les pans qu'on se propose de polir; on trempe ensuite ce bout de charbon dans l'huile d'olive, et on frotte bien à plat.

187. Indépendamment des potées, on se sert aussi de pierres du Levant, disposées en forme de limes plates, carrées et demi-rondes, pour polir des ciselures sur le fer et l'acier.

188. La Bohême fournit une espèce de pierre verdâtre, dont on se sert pour former les polissoirs pour l'or et l'argent.

189. Le brunissoir, qui est un outil d'acier bien poli, sert à donner du brillant à tous les métaux ductiles, de même que la pierre que l'on nomme sanguine.

Polissure de l'acier.

190. On fait usage de trois méthodes pour polir l'acier: 1°. poli au bois et à la main; 2°. poli à la meule polissoire; 3°. poli à la brosse.

Poli au bois.

191. On serre la pièce à polir dans un étau, et on la frotte avec des morceaux de bois de noyer de diverses formes appropriées à celles de la pièce. Ces morceaux de bois ont ordinairement de 2 à 3 décimètres de longueur, 2 à 3 centimètres de largeur, sur 15 à 18 millimètres d'épaisseur. Avant de s'en servir, on étend sur le bois et sur la pièce de l'émeri délayé avec de l'huile. Pour donner du brillant, on prend une partie de potée (ou oxide) d'étain, et deux de potée d'acier, mêlées ensemble et délayées avec de l'eau-de-vie; on en met sur des

morceaux de bois blanc et sur l'ouvrage, et on frotte. On polit aussi avec du buffle collé sur du bois.

Poli à la meule polissoire.

192. Les meules polissoires sont en bois de chêne, la circonférence est recouverte d'une bande de peau de buffle; la surface de cette peau doit être rendue lisse, au moyen de la pierre ponce que l'on fait frotter dessus. Les meules polissoires doivent être exactement rondes; et, comme elles doivent tourner avec beaucoup de rapidité, elles seraient dans le cas de se démonter, de se casser, et de causer de graves accidens, si elles n'étaient solidement fixées sur leur arbre ou axe. Un atelier de polissure doit être fourni de meules polissoires de différentes dimensions pour servir à tous les cas des configurations des différens ouvrages.

193. Avant de se servir d'une meule polissoire, il faut y mettre de la potée, et ensuite on pose la pièce à polir légèrement dessus, et on la promène continuellement, d'aplomb et bien en ligne directe. Lorsque, pendant cette opération, la pièce s'échauffe trop, il faut la laisser refroidir, et en prendre une autre. Il faut mettre souvent de la potée sur l'ouvrage, car le buffle n'étant pas humecté s'échauffe promptement.

Poli à la brosse.

194. Les bois à polir, ainsi que les meules polissoires au buffle, sont insuffisans pour polir les ouvrages ciselés et guillochés. Dans ce cas, on emploie les meules polissoires à brosses. Ces meules polissoires sont, comme les precédentes, recouvertes d'une bande de buffle, mais elles sont de plus garnies sur toute leur circonférence de crins disposés comme dans une brosse ordinaire. Pour polir un ouvrage, il faut trois polissoirs à brosses l'un pour

le gros émeri, l'autre pour l'émeri superfin, et le troisième pour la potée d'étain. La manière de polir à la brosse est la même que celle de polir au buffle.

195. On se sert quelquefois d'une espèce de polissoir à buffle, sur lequel l'émeri est retenu par une couche de colle forte, et on ne met de la potée liquide que sur la pièce à polir. Le travail avec cette polissoire est plus expéditif.

Polissure des glaces.

196. Lorsqu'une glace est équarrie, on marque sur sa surface les endroits trop saillans, ensuite on scelle la glace sur une pierre bien droite et bien unie. Cette pierre est ordinairement placée dans une caisse de bois, qui la déborde de douze à quinze centimètres sur toutes les faces. Cette caisse est toujours pleine d'eau. Le tout, posé sur un pilier de pierre, a une hauteur telle que l'ouvrier puisse travailler commodément. La glace est scellée avec du plâtre. On détruit les aspérités de la glace, et on la rend unie au moyen de deux instrumens dont l'un est appelé *molette* ou *moilon*, l'autre *table à roue*. Le premier sert pour les petites glaces, le second pour celles de grandes dimensions.

197. La molette est représentée fig. 18, 19 (Pl. IV). C'est une petite pierre carrée, fort mince, encadrée dans un cadre de bois d'environ dix à douze centimètres de hauteur, qu'on remplit de plâtre. A chaque coin de la molette, et à sa surface supérieure, est une pomme de bois. L'ouvrier prend successivement ces pommes, et par cette manœuvre fait tourner la molette. La pierre de la molette est adhérente à une autre pierre mince placée au-dessous et à la surface inférieure de laquelle est scellée une petite glace, qui repose immédiatement sur celle qu'on doit aplanir.

198. Le procédé de l'ouvrier consiste à répandre sur la surface de la glace du gros sable, ou, ce qui est la même chose, du grès pulvérisé; il l'arrose d'un peu d'eau, ensuite il met en mouvement la molette, ayant soin de la faire agir particulièrement aux endroits les plus saillans. Le sable qui se trouve entre la glace à polir et celle adhérente à la molette use à la fois l'une et l'autre; on change la petite glace de la molette lorsqu'elle est trop usée. Les grains de sable s'usent eux-mêmes, aussi, dès qu'on sent que leur action diminue, on essuye la levée et on met une nouvelle couche de sable. Lorsque les principales inégalités de la glace sont détruites, l'ouvrier prend une molette plus grande, mais qui ne diffère de la précédente que par les dimensions, et dont l'usage est le même, et continue à s'en servir jusqu'à ce qu'il n'y ait plus sur la surface de la glace aucune partie brute, et jusqu'à ce qu'une règle bien droite porte exactement partout, dans quelque sens qu'on la pose, soit parallèlement à l'un des côtés de la glace, soit en diagonale.

199. Lorsqu'une des faces de la glace est exactement aplanie ou *doucie*, on la descelle de dessus la pierre, on la retourne, on la scelle de nouveau, et on répète avec les molettes la même série d'opérations sur la seconde face comme sur la première.

200. Dans la manœuvre que nous venons de décrire, on se sert successivement de plusieurs espèces de sables plus fins les uns que les autres, et comme la piqûre du sable le plus fin est encore trop forte pour que la polissure puisse en effacer les traces, on substitue au sable, pour achever de *doucir* la glace, de l'émeri de trois degrés de finesse.

201. Les deux faces de la glace ayant ainsi éprouvé, par l'intermédiaire des molettes, l'action du sable et des trois émeris, elle est disposée à recevoir le poli.

202. La manœuvre des molettes pour les petites glaces est exécutée par un seul homme; celle de la table à roue pour les glaces de grand volume exige le travail de deux hommes. Dans l'une et dans l'autre de ces manœuvres, les procédés sont à peu près les mêmes; car le banc (Pl. IV, fig. 20) n'est qu'une grande molette qui, au lieu d'être mue à l'aide des pommeaux angulaires, l'est par l'intermédiaire d'une roue légère, fixée à sa partie supérieure. Les *bancs à roue* ont ordinairement trois à quatre mètres de longueur, sur deux de largeur; le diamètre de la roue doit être relatif à l'étendue de la table, elle est arrêtée sur cette table par un pivot central, et par six supports établis sur la table et entaillés pour recevoir ces rayons.

203. Deux ouvriers, placés chacun à une extrémité du banc, exécutent des manœuvres semblables à celles des molettes, faisant parcourir à la glace de dessus toutes les parties de la glace inférieure qu'on doit dresser; ils font passer successivement les jantes de la roue dans leurs deux mains et lui impriment ainsi un mouvement de rotation.

204. Pour polir une glace, il faut emporter les piqûres de l'émeri avec des substances assez fines pour qu'elles n'impriment elles-mêmes que des traces non visibles. Le résidu de la distillation de l'acide vitriolique, mélangé avec une dissolution de sel marin et de vitriol vert, fournit cette substance.

205. Le polisseur commence par rectifier les défauts du douci, en se servant d'émeri fin, qu'il étend avec une petite glace dont les coins sont arrondis. Il se sert ensuite du polissoir (Pl. IV, fig. 21), qui n'est autre chose qu'une plaque d'environ deux décimètres de long sur un de large, et trois d'épaisseur. Au milieu de sa longueur, le polissoir est traversé par un manche qui le déborde d'un décimètre de chaque coté, et qui est solidement fixé dans une rainure pratiquée dans l'épaisseur

du polissoir. L'on forme au milieu du manche une cavité destinée à recevoir la flèche, qui est un morceau de bois de deux mètres de long, plié en arc dans son milieu. A l'un des bouts de la flèche est un bouton qui entre dans la cavité pratiquée au manche du polissoir ; à l'autre bout est un fort clou, qui fixe la flèche à un plancher placé au-dessus du banc du polisseur. La flèche pliée fait effort par son ressort contre le plancher, et, pressant fortement le polissoir, soulage beaucoup l'ouvrier.

206. On garnit le dessous du polissoir de lisières de drap noir ou simplement d'une étoffe dans laquelle on a passé, très-près les uns des autres, des fils de laine bien dégraissés. On humecte le polissoir avec une brosse trempée dans l'eau, et on le frotte de potée.

207. Le polissoir ainsi préparé, on le pose sur un coin de la glace, et, en suivant un des côtés de celle-ci, on le pousse aussi loin que l'on peut ; on le ramène à soi, et, par cette continuité de mouvemens répétés, on polit cette portion de glace qu'on appelle *tirée*. Lorsqu'une tirée est bien polie, on prend à côté et on en forme une autre, et ainsi de suite en faisant en sorte que chaque tirée se confonde parfaitement avec celle qui l'a précédée.

208. A Saint-Ildefonse, en Espagne, les glaces sont polies par une machine représentée fig. 22 (Pl. IV). Cette machine est composée de deux grands châssis placés dans deux étages différens. Chacun d'eux est garni de plusieurs polissoirs *a a a a* superposés à un plan couvert de tables de pierres sur lesquelles on place les glaces à polir. Une roue à aube A porte sur son axe deux roues ou hérissons B B qui engrènent dans des lanternes *c c*; les axes de ces lanternes, coudés en forme de manivelle, agissent sur des bièles *b b* auxquelles sont adaptés les tirans *m m* qui transmettent aux deux châssis un mouvement de va et

vient. Chacune des branches p p insérées dans les châssis, et destinées à supporter les polissoirs, en est garnie de deux : les queues des polissoirs, percées de plusieurs trous, donnent la faculté de les abaisser plus ou moins. On peut soumettre à cette machine autant de glaces qu'il y a de paires de polissoirs, qui formeront une tirée sur chaque glace, qu'il faudra déplacer toutes les fois qu'il s'agira de former une nouvelle tirée. On peut éviter ce déplacement long et pénible en plaçant les glaces sur des tables mobiles dans des feuillures qui leur servent de coulisses, et en les faisant avancer et reculer par le moyen de vis qui les poussent en divers sens.

Polissure du marbre.

209. Le poli du marbre s'effectue en le frottant d'abord avec du grès, au moyen de la pierre de Gothlande que l'on nomme rabot; en le repassant avec de la pierre ponce, et ensuite en le frottant à force de bras avec un tampon de linge et de la potée d'émeri pour les marbres de couleur; à cette potée on doit substituer celle d'étain pour les marbres blancs, car l'émeri les rougit.

210. En Italie, au lieu de linge on se sert d'un morceau de plomb, ce qui donne au marbre un plus beau poli, et de plus longue durée; mais cette méthode exige plus de temps et de peine. Le marbre sale, terne ou taché, se repolit de la même manière.

211. Les dalles de marbre peuvent se polir au moyen du polissoir que nous venons de décrire (205). En se servant de cet instrument, la manœuvre devient moins pénible et plus accélérée. Dans les établissemens permanens, on peut aussi employer avec succès une machine semblable à celle de Saint-Ildefonse (208).

212. Pour polir les sculptures de petites dimensions en porphyre, en basalte, en granit, on peut se servir avec avantage des polissoirs à buffle et à brosse, en usage pour la polissure de l'acier (192, 194).

213. Parmi le petit nombre d'établissemens permanens, où l'on travaille et où l'on polit les marbres par des moyens mécaniques, la belle manufacture d'Elfredalen en Suède tient le premier rang.

214. Il existe à Blyberg une carrière de porphyre d'une grande dureté et susceptible de recevoir le plus beau poli. On en a extrait le magnifique bloc du piédestal de la statue pédestre de Gustave III, qui a quatre mètres de haut. L'extraction et la première taille de chaque pied cube coûtent environ quinze francs. Les blocs bruts sont ensuite transportés à Elfredalen, situé à trois lieues et demie de la carrière, où M. Hagstrom, habile mécanicien, a établi une manufacture dans laquelle environ cinquante ouvriers sont employés journellement à confectionner et polir des dessus de meubles, des vases, des monumens, etc.

215. Les machines en activité dans ce bel établissement consistent, 1°. en des scies mécaniques auxquelles on peut adapter jusqu'à douze lames pour tirer quinze plaques à la fois. Les lames sont d'un acier faiblement trempé. Le sciage va nuit et jour, et se fait par un sable grossier qui contient beaucoup de parties porphyriques. Lorsque la machine n'a que quatre à cinq lames, elle scie en vingt-quatre heures la dix-huitième partie d'un pouce, et cette quantité diminue à mesure que l'on ajoute de nouvelles lames. On a reconnu qu'il faut vingt-cinq fois plus de temps pour scier ce porphyre que pour scier le marbre ordinaire.

216. 2°. En des machines à polir. On se sert de l'émeri pour le poli grossier, et pour le poli fin du rouge d'Angleterre. L'é-

meri est moulu par une machine particulière. Il y a diverses sortes de machines à polir ; les unes servent à polir les plaques, d'autres polissent des rondelles cylindriques et des socles, et enfin d'autres les pièces à angles et à facettes.

217. 3°. En des machines à forer et en des tours de diverses espèces. Toutes ces machines sont mises en mouvement par des roues hydrauliques, et, quoique plusieurs dépendent d'une même roue, chacune d'elle peut néanmoins être arrêtée ou mise en mouvement sans que cela influe sur les machines voisines. L'eau motrice vient de plusieurs lacs, et se rassemble dans un étang qui est auprès de la manufacture. Cet étang a deux cents mètres de long sur 1000 de large. On a placé une grande digue en pierre à l'endroit où l'on fait écouler l'eau pour mettre les machines en mouvement.

218. Les ouvriers qui travaillent à tailler le porphyre se servent de lunettes pour que la poussière fine n'endommage pas leur vue.

LIVRE SECOND.

Machines employées par l'architecture hydraulique.

219. L'ARCHITECTURE hydraulique fait usage de procédés mecaniques dans les six opérations suivantes; 1°. dans le sondage; 2°. dans le curage des ports, des rivières, des canaux; 3°. dans l'extraction des corps solides submergés; 4°. dans le battage des pieux et dans leur extraction; 5°. dans le recépage de ces pieux à des profondeurs déterminées sous la surface de l'eau; 6°. et enfin dans les épuisemens. Nous ne parlerons pas ici des épuisemens, parce que tout ce qui leur est relatif appartient au traité spécial des machines hydrauliques proprement dites, c'est-à-dire, des machines destinées à soulever l'eau; mais nous examinerons successivement chacune des autres opérations dans un chapitre particulier.

CHAPITRE PREMIER.

Sondage.

220. LE sondage est une opération au moyen de laquelle on reconnaît les diverses couches d'un terrain, leur nature, leur ordre successif, leur continuité, et l'interposition des sources ou amas d'eau.

221. Cette opération est d'une grande utilité dans une foule de circonstances. Elle doit précéder toutes les constructions,

soit à sec, soit sous l'eau, afin d'indiquer à l'architecte les précautions nécessaires pour asseoir avec solidité les bases de son édifice.

222. Elle règle les travaux du mineur, et parfois elle lui rend l'important service de faciliter la formation des voies d'écoulement dans les parois des puits et des galeries, et de prévenir ainsi les inondations qu'occasioneraient les eaux amassées dans les anciens travaux.

223. Elle indique aux fabricans de porcelaine, de faïence, de poterie, de verres, de briques, de tuiles, etc., les lieux qui recèlent les substances que leurs travaux exigent.

224. Souvent elle offre à l'agriculteur des ressources imprévues, soit en lui faisant découvrir sous un sol infertile la marne qui peut lui donner de la vigueur, soit en lui faisant connaître des couches de tourbe, soit en lui donnant le moyen de faire écouler l'eau qui submerge un terrain cultivable, dans le cas où la stagnation est produite par un banc d'argile, qu'il suffit de percer pour la détruire.

225. Le sondage s'effectue communément au moyen d'une tige de fer, portant sur sa longueur, et surtout vers la pointe, des entailles que l'on garnit de suif. On fait pénétrer la sonde en la frappant à coups de masse, ou même avec un mouton. On la retire en la faisant tourner au moyen d'un levier qui passe dans son œil, percé au-dessous de la tête; elle rapporte des portions de terrain qui s'est logé dans les entailles à la place du suif.

226. Lorsque la longueur de la sonde est considérable, la manœuvre en est gênante: on préfère alors une tarière dont la tige est composée de divers morceaux d'un à deux mètres de longueur, qui sont terminés d'un bout par un écrou, et de l'autre par une vis qui servent à les rassembler.

227. Le sondage dans les terrains submergés exige une méthode particulière, qui consiste dans l'emploi d'une espèce de tuyaux composés de pieux ferrés, dont le trou longitudinal a dix ou douze centimètres de diamètre, et qui sont armés d'un sabot en forme d'emporte-pièce, ayant pour grosseur le diamètre du trou qu'on y a pratiqué. On ente plusieurs tuyaux les uns au-dessus des autres, et l'on parvient ainsi à une profondeur considérable. Les sondes effectuées par ce procédé au pont de Moulins ont été poussées jusqu'à plus de 15 mètres de profondeur (*a*). A Ambleteuse, on est parvenu à sonder jusqu'à 25 mètres, en formant, avec de fortes planches, un coffre carré de 40 à 50 cent. de largeur, sur 2 mètres de longueur, ouvert aux deux extrémités. Ce coffre, dont l'extrémité inférieure était armée en fer, s'enfonçait verticalement en le frappant à coups de mouton, et en vidant l'intérieur avec des tarières. D'autres semblables coffres étaient superposés à mesure qu'on l'enfonçait.

228. La dureté plus ou moins grande des terrains à sonder exige des tarières de formes différentes. La description des pièces qui composent l'attirail de sondage de l'inspection générale des carrières, fera connaître celles de ces formes que l'expérience a indiqué être les meilleures dans les divers cas.

Sonde de l'inspection générale des carrières de Paris (*b*).

229. Cette sonde, que M. *Héricart de Thury*, inspecteur général, fit construire en 1810, est composée de la réunion des meilleurs instrumens de sonde anglais et français.

(*a*) Gauthey, *Construction des ponts*.
(*b*) *Journal des mines*.

Elle est en fer carré, dit carillon, de $0^{mèt.},025$ de côté. Des deux manières d'assembler les tiges par enfourchement ou par boîte à vis, on a préféré celle de l'enfourchement à boulons et à écrous, quoique d'une manipulation plus longue, et quoiqu'elle ait d'ailleurs l'inconvénient que souvent les ouvriers perdent ou laissent tomber dans le trou de sonde des boulons et des écrous. Cette manière d'assemblage a été préférée, 1°. parce qu'elle est plus sûre; 2°. parce que, dans les momens de résistance et de force à donner, on peut tourner et détourner les tiges dans les deux sens; 3°. parce qu'elle est moins sujette aux ruptures.

230. Cette sonde, composée de dix-neuf branches ou tiges, a 34 mètres de longueur totale; savoir, quinze tiges de 2 mètres, trois d'un mètre, et une tête ou tige à anneau d'un mètre également.

231. On pourrait, en ajoutant d'autres tiges supplémentaires, parvenir jusqu'à la profondeur de 50 à 60 mètres, ou même au-delà.

232. Les instrumens de la sonde ont toujours $0^{mèt.},5$ de longueur, dont $0^{mèt.},1$ pour l'enfourchement qui a été fait sur un modèle uniforme et calibré, de manière qu'ils peuvent indistinctement s'assembler avec toutes les tiges.

233. Ces instrumens sont de huit espèces; savoir, les trépans, les pilons, les tarières, les tire-bourres, les arrache-sondes, les épuratoires, les manivelles, les accessoires.

Trépans.

234. Ils sont au nombre de quatre; savoir, 1°. le trépan, autrement nommé flamme simple, langue de serpent, ou serpois fig. 2 (Pl. VI); il sert pour percer les pierres calcaires, les schistes, les marnes dures et les terrains compactes;

2°. Le trépan à deux tranchans droits et aigus, qui agit dans les terrains calcaires durs et compacts (fig. 3);

3°. Le trépan quadrangulaire, ou à quatre tranchans ondulés, employé dans le grès, les marbres, et tous les calcaires durs (fig. 4);

4°. Le trépan quadrangulaire progressif, ou à tranchans successifs alternés (fig. 5). Cet instrument nouveau est un des plus actifs qu'on puisse employer; il sert pour les terrains les plus réfractaires. Dans le décimètre inférieur de sa pointe, il ne présente qu'un seul tranchant; du reste il est parfaitement rond; un second tranchant, opposé au premier, commence au deuxième décimètre, de manière que, quand le premier tranchant a préparé le percement, celui-ci vient soutenir ces efforts et lui prêter sa puissance. Au troisième décimètre est le troisième biseau, et enfin un quatrième dans la partie supérieure de l'instrument, de manière que l'action de l'instrument ou de ces tranchans va toujours en croissant, à mesure qu'il s'enfonce et qu'il agit dans la même progression que la résistance, d'où ce trépan a pris le nom de progressif ou à tranchans successifs alternés.

Pilons.

235. La fig. 6 représente le mille-pointes ou les pointes de diamans. Cet instrument, qui est souvent désigné sous le nom de pilon, agit, d'une part, comme le trépan quadrangulaire, tandis que, d'autre part, il sert à écraser et à broyer les cailloux et galets, ou les gros fragmens détachés qui entravent le service des tarières.

La pointe obtuse terminée par une pyramide quadrangulaire (fig. 7), est également un pilon employé pour battre et écraser.

L'élargissoir, qui serait mieux placé parmi les trépans, à cause de ses deux tranchans de rapport (fig. 8 et 9), sert, ainsi que l'indique son nom, à élargir les trous de sonde, soit pour faciliter les opérations, soit pour pouvoir y descendre des coffres et des tuyaux de bois. Il est terminé par une pointe pyramidale aiguë, qui agit comme les pilons, tandis que ses deux ciseaux ou tranchans peuvent se rapprocher ou s'éloigner à volonté, suivant le nouveau diamètre que l'on veut donner au trou de sonde.

Le pilon cannelé, ou bonnet carré, est un instrument composé de huit côtés ou tranchans aigus (fig. 10). Il est d'une très-grande action dans les terrains réfractaires; il sert à la fois comme trépan et comme pilon.

Tarières.

236. La tarière fermée, ou cuillère pleine (fig. 11), sert à retirer le sable gras, les terres et les marnes; elle est faite d'une forte lame ou palastre d'acier, soudée ou plutôt assemblée sur la tige avec des vis à tête perdue. Elle doit avoir une certaine élasticité.

La tarière à glaise, ou tiers-cuillère, est employée dans les glaises et les marnes compactes; elle doit être faite en *étoffe*, ou tout au moins garnie de lames d'acier (fig. 12).

La tarière ouverte, ou demi-cuillère (fig. 14), sert dans les bancs de pierre tendre, dans les glaises et les marnes.

Tire-Bourres.

237. Le tire-bourre, ou arrache-pierres, est fait comme le tire-bourre ordinaire; ses spires doivent être du diamètre des autres instrumens; il est employé pour retirer les galets, les cailloux et les pierres rondes que les pilons ne peuvent briser (fig. 16). Il sert quelquefois dans les glaises compactes pour former une pre-

mière ouverture que les cuillères ou tarières ne peuvent opérer à cause de la compacité des glaises et de leur adhérence aux instrumens, qui est souvent telle, qu'ils se tordent eux-mêmes quand on veut les forcer.

Le tire-bourre, ou entonnoir à sable (fig. 15), est destiné à ramener les sables liquides ou coulans que la cuillère pleine ne pourrait rapporter; il est fait en palastre et terminé par un tire-bourre. Deux petites anses soutiennent l'entonnoir sur la tige.

Arrache-Sondes.

238. Les tiges de sonde peuvent quelquefois se rompre dans la manœuvre ou retomber dans le trou de sonde. Pour retirer les tiges qui peuvent y être restées, on emploie les deux instrumens suivans, savoir :

Le tire-bourre à spirales aiguës; il est conique et tranchant dans l'intérieur de la spire, afin de pouvoir mordre et saisir les tiges de fer tombées dans le trou de sonde, qu'on enlève ensuite quand on présume, au poids et à la résistance, qu'elles sont saisies par le tire-bourre.

La cloche d'accrocheur, ou arrache-sonde, est employée également pour retirer les tiges cassées. Elle présente une cloche terminée par un écrou conique fortement aciéré et tranchant, dans lequel la cassure de la tige s'engage fortement dans le mouvement de torsion qu'on lui imprime.

Épuratoires.

239. Les épuratoires sont des cuillères ou des lames destinées à nettoyer les instrumens quand ils rapportent des matières du trou de sonde : on emploie à cet égard, ou un tronçon de lame de faux, ou une curette (fig. 17), qui forme deux espèces de cuillères opposées, dont une, plus petite que l'autre et plus serrée, sert à nettoyer la tarière à glaise.

Manivelles.

240. Les manivelles sont de deux espèces; elles sont en bois ou en fer.

La manivelle en bois, dite de *Dufour l'artésien*, est la plus simple, et peut-être sous ce rapport elle est préférable. Elle se fait en bois de chêne; elle est ronde à ses deux extrémités, et carrée au milieu, avec une entaille de mêmes dimensions que les tiges de sonde, et une seconde entaille plus grande, dans laquelle on chasse de force un coin de bois qui serre fortement la tige. Cette manivelle est armée de frettes de fer; elle peut avoir de 80 à 90 centimètres ou un mètre de longueur.

241. La manivelle anglaise (fig. 1), que quelques personnes préfèrent à la précédente, est entièrement en fer; elle présente une mâchoire à charnière pour placer la tige de sonde dans son entaille; une chape coulante, portant une vis d'acier, maintient la mâchoire fermée quand la tige est placée. L'entaille de la tige est garnie de coussinets d'acier mâchurés en forme de lime, pour maintenir plus fortement la tige. Cette manivelle présente peut-être trop de sujétions pour les ouvriers.

La première tige de sonde porte un anneau de fer rond de $0^{\text{mèt.}},05$ environ de diamètre, pour y placer une autre manivelle qui n'est qu'un simple morceau de bois rond de 0,55 à 0,60 de longueur, pour travailler dans les puits d'un petit diamètre.

Accessoires de la sonde.

242. On appelle ainsi les pièces suivantes : 1°. Un anneau rond; 2°. une clef carrée et fourchue pour les boulons; 3°. les boulons, vis et écrous; 4°. un taraud du pas et calibre des vis employées dans la construction de la sonde; 5°. un maillet de loupe de buis; 6°. une grande caisse de bois de chêne fortement ferrée pour renfermer et transporter tous les instrumens; 7°. en-

fin, quelques gros tuyaux de bois ou caissons de plats-bords de chêne, pour les terrains de sable coulant et ceux qui contiennent des eaux trop abondantes. Ces tuyaux ou caissons se font, au reste, suivant le besoin, partout où on veut opérer.

243. Lorsqu'on travaille à la surface de la terre, il convient d'avoir une chèvre ou petite grue, garnie d'un treuil et d'un câble qu'on attache à l'anneau de la première tige, afin de pouvoir enlever ensemble plusieurs tiges sans les désassembler, ce moyen évitant une perte de temps d'autant plus considérable que le percement se fait à une plus grande profondeur.

244. Pour faciliter l'opération, il convient de faire un puits de 4 à 5 mètres de profondeur et 1$^{\text{mèt.}}$,50 de diamètre, afin de pouvoir y dresser les tiges de sonde assemblées. Les ouvriers sont d'ailleurs mieux à l'abri des intempéries.

245. Ce puits est encore plus nécessaire quand on sonde en profondeur dans une mine pour faciliter la manœuvre des tiges. Car à raison de leur longueur on ne peut les assembler que difficilement dans une galerie de peu de hauteur. Au-dessus du puits on doit placer un treuil pour enlever les tiges assemblées, afin de les dresser contre les parois du puits.

246. Une sonde faite suivant les dimensions et la composition qu'on vient de décrire, doit servir indistinctement pour les travaux du carrier, du plâtrier, du mineur, du fontenier et de l'agriculteur.

Vérificateurs (*a*).

247. M. *Baillet* a imaginé un instrument très-utile, propre à vérifier un sondage en très-peu de temps; cet instrument, représenté fig. 11 (Pl. VIII), est composé de deux pièces princi-

---

(*a*) *Journal des mines*, an IX.

pales, l'une supérieure *a b*, creusée cylindriquement, est ouverte par le bas; l'autre inférieure *c d* entre dans la première, et se termine en cône. Ces deux pièces tiennent l'une à l'autre, par le moyen de deux clavettes *e*, *e* qui traversent la pièce supérieure, et se logent dans le collet de la pièce inférieure.

248. La pièce supérieure renferme deux couteaux *g g* cachés dans son épaisseur, et fixés en dehors par une vis *h*; une gouttière *j*, en forme d'hélice, part de la base de chaque couteau, et est destinée à conduire les fragmens et les poussières du terrain dans le godet *k* de la pièce inférieure.

249. Dans l'état de repos, les dos des lames de couteau se touchent en *l*, et la pointe du cône *m* se trouve dans l'angle formé par les talons des deux couteaux. L'extrémité *s* de l'instrument se termine par un bout de tige creusé en écrou, et l'extrémité *r* porte une vis, afin qu'on puisse adapter l'instrument à telle hauteur qu'on voudra, entre les tiges ordinaires d'une sonde.

250. On conçoit que les deux pièces de l'instrument étant réunies, et tenant l'une à l'autre à l'aide des deux clavettes, on peut facilement les descendre et remonter dans un trou de sonde. On conçoit aussi que, si la pièce inférieure repose sur un plan fixe, la pièce supérieure pourra descendre d'une quantité qui est déterminée par la hauteur du collet et celle de la clavette; et, pendant cette descente, les couteaux seront écartés, parce que le cône de la pièce inférieure se trouvera introduit entre les talons des deux couteaux. On voit encore que la pièce supérieure peut aussi tourner sur la pièce inférieure; et, dans ce cas, les couteaux supposés ouverts entameront le terrain circulairement, et les poussières tomberont dans les gouttières *j* et dans le godet *k*; enfin, si l'on remonte tout l'instrument en retirant du bas en haut la pièce supérieure, les deux couteaux rentreront dans leurs entailles, soit par l'effet de leur propre élasticité, soit par celui

d'une lame de ressort qu'on peut placer sous la queue, soit même parce qu'ils seront repoussés, en montant, par le terrain qui les environne; la position inclinée des lames de couteaux, quand elles sont écartées, favorise ce dernier effet.

251. Lorsqu'on veut vérifier un sondage à une hauteur déterminée dans un trou de sonde, 1°. il faut commencer par mesurer exactement la profondeur totale du trou, afin d'en déduire à quelle distance du fond l'instrument devra agir; 2°. cette distance du fond étant déterminée, on assemblera, les unes aux autres, des tiges de sonde formant ensemble une longueur telle que, en y ajoutant le *vérificateur*, les couteaux soient éloignés du bout de ces tiges d'une quantité égale à la hauteur où ils doivent agir; 3°. on continuera d'ajuster à l'instrument d'autres tiges de sonde, jusqu'à ce que la longueur totale excède de 5 à 15 décimètres seulement la profondeur entière du trou de sonde; 4°. ces tiges ainsi ajustées, on les désassemblera pour les descendre successivement dans le trou de sonde et les y assembler de nouveau dans le même ordre, selon la méthode ordinaire du sondage; 5°. aussitôt qu'elles seront descendues, et que l'extrémité inférieure reposera sur le fond, les couteaux de l'instrument se trouveront vis-à-vis la couche qu'on veut entamer, et la tête de la sonde sera à une hauteur convenable pour être manœuvrée facilement; 6°. on peut donc alors faire agir l'instrument en le tournant comme un foret; 7°. lorsqu'on présumera que les couteaux auront détaché assez de matière pour remplir le godet, on retirera la sonde.

252. Il pourrait être dangereux d'abandonner les tiges supérieures à leur propre poids, elles seraient sujettes à se tordre ou à se rompre. Il faut donc maîtriser et régler leur descente. Pour obtenir cet effet, on place immédiatement au-dessus du

trou de sonde, et sur un support d'une hauteur convenable, un écrou contenant un manchon à vis. La tige de la sonde passe librement dans l'intérieur, et sa tête repose sur la base supérieure du manchon. Il suffit, pour faire descendre les tiges et la *boîte* à volonté, d'une très-petite quantité à la fois, de faire tourner le manchon dans son écrou, et de lui faire décrire un arc quelconque.

253. Il faut encore observer que les tiges des sondes ayant des longueurs fixes, de 1, de 2 ou de 3 mètres, on aura besoin, pour ajuster le *vérificateur* à la hauteur exacte où l'on voudra le faire agir, d'avoir des bouts de tiges moins longs.

CHAPITRE II.

Curage.

254. Nous comprendrons ici, sous le nom de curage, toutes les espèces de déblais que l'on effectue sous l'eau sans épuisemens, soit manuellement avec des *dragues* et des *louchets*, soit mécaniquement à l'aide des *machines à curer*.

Curage manuel.

Dragues simples.

255. On connaît deux sortes de *dragues simples :* l'une sert à extraire le sable, l'autre la vase. La première, représentée fig. 2 (Pl. VII), n'est autre chose qu'un coffre en tôle, percé de trous, ouvert par-devant et par-dessus, et armé d'un manche un peu flexible, dont la longueur est proportionnée à la profondeur à laquelle on veut atteindre. Les ouvriers qui se servent de cette drague, placés dans un bateau, la font mordre dans le

sable, en soutenant le manche sur l'épaule. Lorsqu'elle contient une portion suffisante de matière, ils la relèvent pour la poser dans le bateau ou sur un échafaud. Si on rencontre des pierres, ou des morceaux de bois, on cherche à dégager le sable qui les entoure, et on les enlève ensuite avec des griffes. Le travail ordinaire d'un ouvrier qui extrait du sable avec cette drague à la profondeur moyenne d'un mètre et demi sous l'eau, surpasse rarement un mètre cube.

256. La drague à vase, fig. 3 et 4 (Pl. VII), a son contour en fer, et le fond en toile; l'une est cousue avec l'autre par une ficelle qui passe dans des trous percés dans le fer. La pointe du contour destinée à entamer le terrain et à s'y insinuer, doit être forte et tranchante. L'expérience a démontré que cette drague est préférable aux machines à curer jusqu'à la profondeur de 2 mètres. Elle est manœuvrée par deux ouvriers, lesquels, placés sur un radeau ou dans un bateau, peuvent extraire dans une journée jusqu'à 12 à 14 mètres cubes de vase, quand ils sont bien exercés à cette manœuvre.

257. Le radeau ou le bateau doit être arrêté par des amarres liées à des points fixes, ou bien par deux ou trois forts avirons plantés de deux côtés verticalement et enfoncés dans la vase pour s'opposer à son déplacement.

258. A Venise on fait un grand usage de la drague que nous venons de décrire, pour curer les nombreux canaux qui servent de rues à cette ville extraordinaire.

259. Cette drague qui a la propriété de laisser écouler l'eau, mais de retenir toute la matière fangeuse, pourrait aussi servir à l'extraction de la tourbe, et je la crois, pour cet usage, préférable à la drague à filet qui en laisse toujours échapper une notable quantité.

260. Les dragues ou pelles employées communément aux

exploitations des tourbières, se nomment *louchets*. On en connaît de plusieurs sortes. Nous allons décrire ceux qui nous ont paru mériter la préférence.

Grand louchet à trois tranchans Pl. VII, fig. 5, 6, 7, 8 (*a*).

261. Cet instrument sert à extraire la tourbe sous l'eau sans que l'exploitant soit forcé de faire des épuisemens au-dessous du niveau du banc qui la contient. Un châssis en fer, léger et à jour, accompagne de trois côtés et surmonte la lame à aileron du louchet sur une longueur d'environ un mètre. Ce bâti ou châssis en fer est destiné à détacher et à soutenir le long parallélipipède de tourbe que l'on retire avec cet instrument, et qui en enlève à chaque fois une longueur égale à trois ou même à quatre de ces petits prismes, d'un peu moins d'un tiers de mètre de longueur, que l'on nomme une tourbe.

262. Le fer de la bêche a 10 centimètres de longueur; sa largeur est d'environ un tiers de mètre. L'aileron a la même largeur que le fer du louchet; mais, au lieu de former avec lui un angle ouvert, il en forme un droit. Le fer du louchet et une partie du manche sont entourés, sur une hauteur de 1 mètre, d'un châssis à jour composé de quatre bandes horizontales, et de deux verticales qui circonscrivent les trois côtés d'un prisme droit à base carrée, ayant pour largeur celle du fer du louchet, ou 10 à 11 centimètres. La première de ces bandes, celle opposée à l'aileron, coupe la tourbe, et toutes servent, avec les verticales, à soutenir le long parallélipipède que l'on détache.

263. La fig. 5 représente la vue du grand louchet suivant la ligne C D de la fig. 7 (qui est le plan de l'instrument); l'aileron est vu de profil, il est indiqué par une ligne *b* plus foncée.

(*a*) *Journal des mines*, 1812.

264. La fig. 6 offre la coupe et la vue de l'instrument suivant la ligne A B, du côté opposé à l'aileron; on voit que les frettes ou bandes horizontales *c c c c* sont fixées au manche *e* par des clous rivés qui traversent ce dernier. On y remarque aussi que le fer du louchet *a* forme un angle extrêmement ouvert avec le manche qui le porte : cette disposition paraît utile pour faciliter l'entrée du solide de tourbe dans le prisme creux formé par le châssis à jour, et surtout pour retenir la tourbe lorsqu'on abaisse l'instrument en arrière pour le retirer de l'eau.

La fig. 8 est une coupe et une vue de l'instrument suivant la ligne A B, du côté D de l'aileron *b*; on y remarque la forme un peu trapézoïdale de ce dernier, et la bande verticale en tôle *d d*, placée de ce côté, qui y est rivée, tandis que celle *f f* placée le long de l'arête opposée (fig. 1 et 2) est plus longue et isolée.

265. Enfin, la fig. 7 est le plan de l'instrument; on y a figuré la coupe du manche, les portions de douilles qui l'entourent, et les bandes à jour qui forment la carcasse de la machine. Les bandes horizontales qui se correspondent verticalement, sont ici représentées par une seule qui est entaillée dans le manche. Enfin, on y a indiqué la coupe des bandes verticales, ainsi que le fer du louchet *g*, vu en raccourci avec son aileron.

266. Le grand louchet, quoique ouvert d'un seul côté, exige une adresse particulière pour que, en l'introduisant successivement trois ou quatre fois dans le même trou, on puisse extraire la tourbe d'une profondeur de 4 à 5 mètres; mais il réunit plusieurs avantages; son prix est peu élevé; il n'a besoin que d'un seul homme pour être mis en usage; il peut, dans beaucoup de circonstances, donner lieu à économiser des frais d'épuisement souvent très-considérables.

Louchet à caisse ou à quatre tranchans dont un mobile. Pl. VII, fig. 9 et 10.

267. Ce louchet, inventé par M. Julien, consiste en une caisse, ou boîte à jour, fixée au bout d'un long manche, à l'aide duquel on peut extraire, à la fois, la valeur de quatre morceaux de tourbe. Cette caisse ou boîte, faite en tôle, est moitié moins longue que le châssis du grand louchet et du double plus large; comme lui, elle est fermée sur trois faces; mais elle en diffère en ce qu'elle est garnie, sur la quatrième, d'un tranchant qui, en se mouvant dans une coulisse arrondie par le bas, à l'aide d'un second manche plus petit, sert à couper la tourbe et à la retenir lorsqu'on retire la machine.

268. On peut, avec de l'adresse, remettre la caisse ou boîte plusieurs fois dans le même trou, et en extraire ainsi successivement toute la tourbe qu'il contient, pourvu toutefois que sa profondeur au-dessous du niveau de l'eau n'excède pas la longueur du manche.

269. Les fig. 9 et 10. (Pl. VII) représentent la machine de M. *Julien*. Elle consiste en une boîte carrée en tôle. Cette boîte à jour, de 52 centimètres de long sur 62 de large et 11 d'épaisseur, est composée de bandes horizontales et verticales *a a*, *b b*; elle est fermée de trois côtés, le quatrième est formé par cinq lames horizontales *c c c c c*, réunies entre elles par des charnières, et mobiles dans des coulisses *k k k k*; la lame inférieure est tranchante, et sert à détacher la tourbe contenue dans la boîte et à la retenir. La bande supérieure *d* est plus large et fixée à une tringle *m* en fer, surmontée d'une douille qui reçoit un long manche *i*, servant à la diriger : ce second manche coule dans des anneaux de fer *n* et *o*, fixés sur le premier. Le tranchant est remonté à volonté, jusqu'au-dessus de la boîte pour la vider. La partie inférieure de la caisse *e* est

pleine, arrondie et tranchante par en-bas pour couper le lopin de tourbe que l'on veut extraire. Un petit couteau *f* tranchant en forme de croissant, fixé perpendiculairement sur cette partie de l'instrument, est destiné à diviser en deux le lopin de tourbe, que l'on coupe ensuite transversalement pour en faire quatre morceaux de la grandeur ordinaire.

270. M. *Gilet-Laumont* a comparé ensemble les effets du petit louchet, du grand, et de celui à caisse; et il lui a paru que l'on extrayait, terme moyen, par minute:

1°., 32 morceaux de tourbe avec le petit louchet à deux tranchans;

2°., 16, avec le grand à trois tranchans; et qu'on pourrait en extraire à peu près autant avec celui à quatre tranchans.

Mais il a observé, 1°. qu'avec le petit louchet, qui a un si grand avantage pour la célérité, on était toujours obligé, pour s'en servir, d'épuiser les eaux jusqu'au fond des entailles, que l'on porte rarement au-delà de neuf pointes de profondeur, et que l'excavation est abandonnée le plus souvent ensuite; 2°., qu'avec le grand louchet, qui n'extrait que la moitié du petit dans le même temps, on n'a besoin de faire baisser le niveau des eaux que jusqu'à celui de la superficie du banc de tourbe, d'où l'on peut ensuite en enlever facilement jusqu'à douze pointes et plus; 3°. enfin, qu'avec le louchet de M. *Julien*, on n'a, à la vérité, l'espoir que d'en tirer dans le même temps à peu près autant qu'avec le grand louchet; mais que l'on a l'avantage de ne pas être obligé de mettre à sec la superficie de la tourbe, et de pouvoir l'extraire, avec des bateaux, d'une assez grande profondeur au-dessous du niveau de l'eau, et toujours en parallélipipèdes réguliers, sans avoir besoin d'aucun épuisement. Ce louchet donne le moyen de reprendre sous l'eau des masses de tourbe souvent considérables, et qu'on ne

peut enlever qu'en se servant de la drague et du filet, qui en laissent perdre beaucoup, et exigent toujours de la pétrir et de la mouler pour la mettre en état d'être brûlée.

Louchets de M. *Hesselat* (*a*).

271. M. *Hesselat du Héré* a imaginé les deux louchets représentés fig. 1 et 2 (Pl. VIII). Le premier (fig. 1) est un louchet à aile A, tenant à un manche *a b* garni de bas en haut de petites traverses servant d'échelons, et d'une tige mobile à charnière C D, à la partie supérieure du manche, et s'en écartant à l'aide du ressort *r*. Cette tige porte à son extrémité inférieure une lame horizontale *e* destinée à couper la tourbe sous le louchet. Lorsque le louchet est enfoncé par la pression exercée sur les échelons, l'ouvrier, au moyen d'une corde, fait rapprocher la lame qui coupe la tourbe, et la retient en même temps qu'on retire le louchet.

271 (bis). Pour donner un talus convenable au terrain, il n'y a d'autre précaution à prendre que d'incliner l'instrument selon le bord du radeau que l'on suppose avoir été taillé en conséquence, ou de se régler sur un garde-fou incliné et mobile qu'on transportera et qu'on fixera dans la partie du radeau où l'on travaillera. Il faut remarquer que pour l'usage de cet instrument, il est nécessaire que, par un moyen quelconque, on ait déjà fait dans la tourbe un trou qui permette le jeu de la lame horizontale.

Le second louchet (fig. 2) est composé d'un emporte-pièce carré *a*, surmonté de deux tiges parallèles en bois *a b*, liées l'une à l'autre par de petites barres de fer *d d d d d*; toutes ces barres sont traversées par une autre tige *a c*, à l'extrémité inférieure

---

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 36.

de laquelle est adaptée une croix X et X′ (fig. 2). Les ouvriers, placés sur un radeau, et appuyant sur les différens échelons, enfoncent l'instrument auquel ils donnent l'inclinaison convenable, en la dirigeant comme il a été dit précédemment; l'emporte-pièce rempli, on fait faire à la tige *a c* un peu plus d'un quart de révolution; les bras de la croix coupent la tourbe, la retiennent lorsqu'on relève l'instrument, et l'on retire ainsi quatre morceaux quadrangulaires.

Quelques méthodes de faciliter l'approfondissement des canaux, des rivières et des ports par l'action même du courant.

272. Dans les lieux peu profonds, on peut se servir d'une espèce de charrue composée d'une pièce de bois ferrée par le bout d'en-bas, montée sur deux roues, mise en mouvement par des chevaux et dirigée par un homme. On creuse, avec cet instrument, des sillons lorsque les eaux sont fort basses, pour que la terre soit ensuite entraînée à la première crue. On se sert également d'un fort râteau de fer armé d'un manche qu'un homme placé dans une chaloupe dirige, et que d'autres ouvriers tirent au moyen d'un cabestan situé sur une barque retenue à l'ancre.

Les fig. 8 et 9 (Pl. VIII) représentent une sorte de timpan composé de plusieurs roues de bois de 2 mètres à peu près de diamètre, dont la circonférence est garnie de grandes pointes de fer recourbées. Ces roues sont attachées à un essieu commun *b b*, dont les extrémités sont accompagnées de tourillons qu'enfilent des boîtes de fer répondant aux cordes *a a* attachées à un bateau que des hommes, à force de rames, font avancer, et qui, en tirant le timpan, le forçent à tourner et à creuser autant de sillons qu'il y a de rangs de crochets.

Curage mécanique.

Machine à curer à roues et à cuillères. Pl. IX, fig. 1 et 2 (*a*).

274. Cette machine, en usage dans plusieurs ports de mer de France et d'Italie, consiste 1°. en un ponton de 18 à 20 mètres de longueur sur 6 à 7 de largeur, et 1 mètre et demi ou 2 de profondeur; 2°. en deux roues, dont l'une a 7 ou 8 mètres de diamètre, et la seconde 4 seulement; 3°. en deux cuillères qui creusent le fond et se remplissent alternativement de vase ou de sable, à l'aide des roues précédentes manœuvrées par cinq ou six ouvriers qui les font tourner en marchant dans leur intérieur.

275. A l'essieu de la grande roue sont attachées deux chaînes *a a* passant sur les poulies des grues *b b*, d'où elles vont aboutir aux cuillères *c h* qu'elles font manœuvrer, observant qu'une des chaînes passe dessous l'essieu, et que l'autre passe dessus, afin que, quand l'une s'allonge et file, l'autre se raccourcisse; ainsi alternativement, selon le côté vers lequel la grande roue tourne pour obliger une de ces cuillères de monter, tandis que l'autre descend. C'est à quoi contribue aussi la petite roue, moyennant deux cordes *d d* qui font sur son essieu le même effet que les chaînes sur le leur, mais d'une manière toute opposée.

276. Chaque cuillère est attachée à un long manche qui s'appuie, tantôt contre le rouleau *f*, et tantôt contre le rouleau *g*, sans pouvoir s'écarter de côté, parce qu'il est renfermé dans un châssis.

277. Lorsque les ouvriers font tourner les deux roues, une des chaînes se bande, tandis que la corde *d* correspondante mol-

(*a*) Bélidor, *Architecture hydraulique*, tome 4.

lit en filant de dessus son treuil. Aussitôt que la cuillère *c* commence à mordre sur le fond, l'ouvrier qui dirige la manœuvre saisit une corde qui est attachée au point X du manche, et qui passe sur un rouleau placé en *r;* cet ouvrier entortille la corde à des taquets *t, t*. La cuillère est ainsi obligée de s'insinuer de plus en plus dans le terrain, et d'en détacher une portion avant de remonter. Si la cuillère en labourant éprouve une trop grande résistance, l'ouvrier laisse un peu filer la corde, qu'il lâche entièrement lorsque le manche a dépassé la verticale. Quand cette cuillère est remontée avec sa charge au-dessus de l'eau, assez pour que le bateau appelé *salope* puisse passer dessous, on ouvre avec un croc le loquet qui tenait fermée la porte de la cuillère, de sorte que la matière tombe d'elle-même dans la salope, qui se retire immédiatement; on ferme alors la porte en la poussant, et on fait tourner les roues en sens contraire, afin d'obliger la seconde cuillère à se remplir à son tour par une manœuvre toute semblable à la précédente.

278. Pour faire travailler cette machine, il faut qu'elle soit mouillée sur six amarres répondant aux bittes *p p* et à quatre ancres, pour lui donner les mouvemens nécessaires en avant, en arrière, et sur les côtés, quand on veut la changer de place.

On allonge et on raccourcit les chaînes suivant les différentes profondeurs qu'acquiert le fond.

279. Une machine de cette espèce manœuvrée par cinq ouvriers et un directeur, et travaillant à une profondeur moyenne de 4 à 5 mètres dans un fond vaseux, creuse et enlève dans une journée de travail 36 mètres cubes de matière.

280. On peut avec cette machine creuser jusqu'à la profondeur de 10 à 15 mètres. Elle coûte de quinze à dix-huit mille francs. Les frais d'entretien qu'elle exige sont considérables, et

les réparations assez fréquentes. Chaque machine doit être fournie d'un nombre de *salopes* assez considérable pour pouvoir suffire au travail journalier. Chaque salope contient à peu près 8 mètres cubes de matière, et est conduite par deux matelots.

281. Quoique le ponton de cette machine ait de grandes dimensions, néanmoins il a peu de stabilité, il fatigue beaucoup les cordages d'amarrage, et les use en peu de temps. La manœuvre est très-fatigante et non sans péril; les ouvriers sont exposés, sans abri, au soleil, à la pluie et au vent. La machine de Venise, que nous allons décrire, est sous plusieurs rapports plus avantageuse. 1°. Son produit, à des profondeurs moyennes de 4 à 5 mètres dans des terrains vaseux, est d'un cinquième plus fort; 2°. le ponton étant amarré par des pieux qui lui sont annexés, et qu'on peut élever et abaisser avec célérité, sa manœuvre devient moins gênante, et la consommation des cordages moins considérable; 3°. le ponton étant couvert par un toit, les ouvriers et une portion du mécanisme sont à l'abri; 4°. le travail est moins pénible, plus facile et moins dangereux. Cependant cette machine n'est point exempte d'inconvéniens, comme nous le verrons après l'avoir décrite brièvement.

Machine à curer de Venise. Pl. X, fig. 1, 2 et 3.

282. Un ponton parallélipipède, surmonté d'un toit, sert de base à cette machine flottante, sa longueur est de 15 mètres, sa largeur de 8, et sa hauteur jusqu'à la naissance du toit est de 4 mètres. Son intérieur est disposé de manière à pouvoir servir de logement aux ouvriers.

Le mécanisme consiste, dans un grand balancier *a a* qui a son centre de mouvement en *b*; ce balancier, composé de deux jumelles semblables et parallèles, a 15 mètres de longueur, 1

mètre de hauteur, et 1 mètre de largeur entre les jumelles, qui sont formées par la réunion de cinq rangs de poutres de sapin superposées : des frettes, des boulons et des moises réunissent toutes ces pièces. Le balancier porte d'un côté l'écrou *c* garni de deux tourillons, qui lui permettent d'avoir un mouvement de rotation verticale, indépendamment du mouvement du balancier. Une vis de bois d'orme *d*, ayant 10 mètres de longueur, et 37 centimètres de diamètre, entre dans cet écrou. La vis *d* a son centre de mouvement en *e*, et elle est douée de la propriété de pouvoir décrire alternativement un arc vertical, tandis qu'elle tourne horizontalement. C'est par ce double mouvement qu'elle produit alternativement l'élévation et la dépression du balancier. A cet effet, le pivot (fig. 3) sur lequel elle se meut est double, c'est-à-dire il est composé d'un pivot vertical 1 qui tourne dans le trou d'une plaque à tourillons 2, 2; et de plus l'écrou *c* a également deux tourillons comme nous l'avons déjà dit. L'extrémité opposée du balancier *a a* porte la grande cuillère ou drague *f g* en fer. Elle a deux parties : l'une *f* est plane, et se trouve toujours dans une position verticale ; l'autre *g* a la forme d'une portion de cylindre; un fort boulon *h* réunit les deux parties *f* et *g*, et sert en même temps d'axe de mouvement à la partie *g*, qui a un mouvement de rotation alternatif, et qui s'approche et s'éloigne de *f* de la même manière que les branches d'une tenaille. Ce mouvement est produit par le jeu successif de deux treuils verticaux *l*, placés dans l'intérieur du ponton. L'un, à l'aide du cordage M, M, M, ouvre la cuillère; l'autre, au moyen du câble *n n*, la ferme.

283. L'action du curage est produite par la dépression du balancier, par l'action successive des deux treuils *l*, et enfin par l'élévation du balancier. La première opération fait enfoncer le couvercle *f* de la cuillère dans la vase ; la seconde ouvre d'abord la

cuillère avant qu'elle ne touche le terrain, puis, en la fermant aussitôt que le couvercle s'y est insinué, elle sillonne le terrain et remplit la cuillère; la troisième l'enlève hors de l'eau.

284. La cuillère, qui pèse par elle-même plus de trois milliers, devient très-lourde lorsqu'elle est pleine; de sorte qu'elle ferait immerger excessivement le devant du ponton si l'on ne plaçait un grand nombre de blocs de pierre sur le pont *p p* de l'arrière. Le balancier *a a* porte en outre une caisse *q q* remplie de pierres qui servent de contre-poids à la cuillère, et rendent ainsi moins pénible l'effort à exercer sur la vis pour élever ce balancier.

Trois pieux *s s s* placés dans des coulisses, sur les flancs et sur l'arrière du ponton, servent à *ancrer* la machine : ils sont soutenus par des cordes enroulées sur les moulinets à crémaillère 2 2. On les laisse descendre avec rapidité pour s'enfoncer dans le terrain toutes les fois qu'on veut fixer les machines; et, quand on veut les déplacer, on les soulève à l'aide des moulinets; alors les crémaillères les tiennent suspendus jusqu'au moment où il faut de nouveau les lâcher.

285. Le produit de cette machine, qui est ordinairement manœuvrée par huit hommes, est d'environ 56 mètres cubes par jour à 4 ou 5 mètres de profondeur. En augmentant le nombre des ouvriers, on augmente aussi proportionnellement le produit, de sorte qu'avec douze hommes vigoureux on peut extraire 75 mètres cubes de vase : ce travail est le plus considérable qu'on puisse efffectuer avec cette machine.

286. La cuillère ou drague peut contenir deux mètres et demi cubes de matière, mais elle en rapporte rarement plus d'un mètre et demi.

Le temps moyen pour extraire une cuillerée de vase est à peu près de 15 minutes. On fait rarement quarante extractions dans une journée.

La machine de Venise travaille fort bien dans les terrains vaseux, depuis la profondeur de deux mètres jusqu'à six mètres; mais elle est incapable de produire des effets satisfaisans, ni à une plus grande profondeur, ni dans des terrains compactes.

287. Les résultats que nous venons d'indiquer sont déduits du travail opéré par huit machines de cette espèce dans les canaux de la lagune de Venise, depuis l'arsenal jusqu'à la passe de Malamoco, pendant trois années consécutives.

288. La construction et l'équipement de chacune de ces machines coûtèrent plus de vingt mille francs.

La vis, qui est la partie principale du mécanisme, est non-seulement fort coûteuse et d'une difficile exécution, mais elle est aussi sujette à se dejeter ou à se fendre, et à devenir promptement incapable de service. Le balancier, quoique très-pesant et très-volumineux, prend aisément des courbures vicieuses qui fatiguent beaucoup la vis, et augmentent singulièrement les frottemens qui, dans tous les cas, sont toujours très-considérables. Les réparations, assez fréquentes, sont presque toujours fort embarrassantes par la difficulté de déplacer ses lourdes parties.

Machine à chapelet.

289. Cette machine, représentée fig. 1 (Pl. VII), est composée, 1°. de trois rouleaux, dont deux 1 1 touchent au terrain, et le troisième 2 est placé au-dessus de l'échafaud sur lequel la matière doit être reçue; 2°. d'une chaîne à grandes mailles, alternativement plates et carrées; 3°. de hottes placées sur cette chaîne, à des distances convenables. Ces hottes de tôle, percées de petits trous pour l'écoulement de l'eau, sont terminées par un bec saillant et tranchant pour entrer plus facilement dans le terrain.

290. Deux rouleaux 1 1 sont assemblés par deux traverses qui portent leurs tourillons : ces traverses sont supportées par quatre montans 4 4 auxquels on a donné le nom d'*élindes*; deux poteaux, solidement assurés dans le pied et dans le haut du châssis de la machine, portent le treuil 5 qui est garni d'une frette à six pans, pour mieux recevoir la chaîne : trois de ces pans sont en saillie, et entrent dans les mailles carrées de la chaîne.

291. C'est au chapeau du haut du châssis, au-dessus du treuil, que sont liés les poteaux portant le treuil de ce rouleau; et c'est contre les mêmes chapeaux que les *élindes* sont appliquées, en sorte qu'on peut, en les élevant ou les abaissant au moyen des boulons 6 6, approcher ou éloigner, de la superficie dans laquelle on drague, les deux rouleaux 1 1. Cette disposition donne l'avantage de connaître si la hotte portant au fond s'y trouve trop contrainte, parce que alors les *élindes* s'élèvent lorsqu'on fait effort sur la manivelle de la machine, et les boulons 6 6 ne portent plus sur les traverses.

292. Voici quelles sont les fonctions de cette machine : On fait tourner les manivelles 7 7 qui sont aux extrémités d'un axe parallèle à celui du treuil; l'axe des manivelles porte une lanterne qui engrène dans une roue dentée, fixée à l'axe du treuil. Le mouvement de la manivelle fait monter successivement chaque hotte qui est chargée de matière, en passant sous les rouleaux 1 1.

293. Lorsqu'une hotte est parvenue au-dessus du treuil 2, et qu'elle commence à s'incliner, elle laisse tomber la matière qu'elle contient sur le tablier 8 mobile dans son extrémité, et qui peut être enlevé au moyen de la poignée H, assez pour que les hottes passent librement.

C'est du pied du tablier que la matière extraite est portée

dans les endroits convenables, suivant l'arrangement intérieur de l'atelier.

294. Pour allonger et raccourcir suivant le besoin la chaîne, lorsqu'il faut draguer à des profondeurs plus ou moins grandes, on se sert de fausses mailles, fig. 6 (Pl. VIII); elles sont de mêmes dimensions que les mailles ordinaires. Pour pouvoir les retenir aux mailles plates, on les assujettit par un morceau de fer 10, au moyen de clavettes doubles 11, dont les extrémités sont repliées sur la maille, afin de l'empêcher de s'échapper.

295. Les fig. 4 et 5 représentent un grappin que l'on substitue aux hottes lorsqu'il y a des pierres à enlever; il sert aussi à désunir le sable ou le gravier pour que la hotte le prenne plus facilement.

La fig. 3 indique une hotte dessinée sur une plus grande échelle, et la fig. 7 une chaîne de mailles.

296. Des manœuvres, tournant des manivelles, font mouvoir la lanterne fixée à leur axe commun; la lanterne engrène dans une roue dentée enarbrée au rouleau supérieur, qui, en tournant, amène la chaîne et les hottes qui y sont fixées. C'est ce mouvement qui fait entrer les hottes dans le terrain, et qui les ramène chargées au haut de la machine, où elles se renversent et jettent la matière sur le tablier à charnière qu'un homme gouverne avec une poignée de fer.

297. *Perronet* a donné le devis suivant d'une machine semblable à celle que nous venons de décrire. Les élindes avaient 8 mètres de longueur.

Il entre dans une telle machine à draguer, huit mètres cubes et un tiers de bois : elle est composée de quatre grands montans de huit mètres, six poteaux, trois chapeaux, quatre traverses, deux tables servant d'échafaud pour porter les dragueurs, une autre pour recevoir le sable et la bascule : le tout

estimé.	72 f.	» c.
Le mouvement consiste en une lanterne et son arbre, une roue dentée et son arbre qui pèsent ensemble 76 livres.	91	20
L'étoile ou l'hérisson sur lequel passe la chaîne, pour bois et pour ferrure, compris la façon.	23	50
Deux manivelles, deux poulies encastrées dans les poteaux, quatre arcboutans, soixante-quatre écrous, quatre liens pour entretenir les jambes de force du châssis, huit crampons ou mains pour les élindes, les deux barres de la bascule ou tablier, ses pivots, une main, le tout pesant ensemble 210 livres.	84	»
La chaîne dont il faut ordinairement 17 mètres de longueur pour manœuvrer facilement.	80	»
Six hottes couvertes de fer battu, ou tôle, avec clous rivés et crampons pour les attacher à la chaîne.	180	»
Trois griffes ou grappins de fer, pesant 40 livres chacune.	48	»
Deux rouleaux ou tambours de bois d'orme, reliés en cercle de fer et couverts de tôle, avec essieu de fer et la ferrure de deux joues, auxquelles sont attachées les élindes.	36	»
Deux essieux de bois, renforcés chacun d'une barre de fer et portés sur quatre roulettes en forme de rouleaux, garni aussi, pesant ensemble 112 livres.	33	60
Quatre supports de fer pour porter l'échafaudage		
	648 f.	30 c.

D'autre part. . . . . 648 f. 30 c.

de cette machine sur les batardeaux, pesant 170 livres. . . . . 51 »

Deux lames pour remuer le sable et le pousser dans les hottes, un levier avec son crochet de fer pour suspendre la chaîne lorsqu'on veut la raccommoder, quatre boulons et quatre broches pour manœuvrer les élindes, deux clefs pour les écrous, un marteau, ciseau et une petite tenaille pour servir aux ouvriers à raccommoder la chaîne, ou faire d'autres légères réparations, afin d'éviter de prendre un forgeron à la journée; le tout estimé. . 18 »

TOTAL. . . . . 717 f. 30 c.

298. On employa au pont d'Orléans trois de ces machines; chaque machine était manœuvrée par six hommes qui enlevaient environ une toise et demie cube (11 mètres) par jour à une profondeur de plus de 2 mètres sous l'eau. Avant d'adopter ces trois machines dont on eut lieu d'être très-satisfaits, on s'était servi pour le draguage de l'intérieur des batardeaux, lors de la fondation du pont d'Orléans, d'une sorte de cuillère fig. 11, 12 (Pl. VII), armée d'un manche, qui occupait presque tout l'intervalle des deux files de palplanches. On la faisait mordre, et on la retirait par le moyen d'une corde attachée sur le devant, et passant sous un cabestan. Elle a été abandonnée comme moins avantageuse que la drague à hotte.

299. Cette machine est surtout avantageuse dans le sable et dans la vase; mais, quand elle rencontre des pierres ou d'autres obstacles, la chaîne casse souvent. Pour éviter cet inconvénient, on soutient les hottes par deux chaînes parallèles, faites à l'instar

des chaînes de montre, mais garnies, dans la partie intérieure, de dents angulaires qui entrent dans des cavités pratiquées au fond de deux gorges ouvertes sur les tambours qui, pour plus de solidité, doivent être de fonte; les gorges retiennent les chaînes et les empêchent de broncher; les cavités forment avec les dents une espèce d'engrenage qui détermine le mouvement des chaînes et les empêche de glisser. La fig. 12 (Pl. VIII) indique la construction de ces chaînes, dont les chaînons sont réunis par des boulons à écrou; cette disposition facilite la manœuvre de l'allongement et du racourcissement de la chaîne.

300. *De Cessart*, lors de la construction de l'écluse de Dieppe, est parvenu, en se servant de dragues à hottes, à entamer un fond très-dur composé de galets fortement mastiqués.

301. Les Anglais ont adopté cette machine qu'ils mettent en mouvement au moyen d'un *récepteur-à-vapeur*, et dont ils se servent avec succès au curage des ports, des bassins et des rivières.

302. Il est étonnant qu'on n'ait pas encore songé à appliquer à ces machines l'action motrice de l'eau; car il n'est pas douteux qu'on pourrait en tirer un parti très-avantageux dans les rivières et dans les ports où la marée produit un courant rapide.

303. Pour construire une machine à curer à roue hydraulique qui produise le plus grand effet possible, il faut que cette roue soit placée entre deux caisses ou pontons prismatiques, qui ne laisseront entre elles qu'un espace suffisant pour que la roue puisse agir. Par cette disposition il résultera une sorte de coursier qui dirigera et favorisera singulièrement la force impulsive du courant, puisque l'expérience a démontré que cette force, lorsqu'elle agit contre les aubes d'une roue placée dans

un coursier étroit, est double de ce qu'elle est dans le cas où la même roue se trouve dans un fluide indéfini (*a*).

304. Les deux caisses marquées *a a* fig. 10, (Pl. VIII) auront des cavités *b b* qui correspondront à l'endroit où l'axe de la roue traverse les caisses. C'est dans ces cavités qu'agiront deux chapelets à hottes semblables à ceux que nous avons précédemment décrits.

305. Ces cavités, qui rapprochent les chapelets et la roue, présentent plusieurs avantages très-importans. 1°. L'arbre qui sert à la fois d'axe à la roue et aux chapelets, ayant la moindre longueur possible, n'éprouvera pas les effets désavantageux de la torsion qu'on observe dans toutes les machines qui font de grands efforts, et où une distance notable sépare le récepteur de l'opérateur agissant sur le même axe. On sait combien cette torsion est nuisible, car non-seulement elle détruit en pure perte une portion considérable de la quantité de mouvement que possède la machine, mais elle fatigue beaucoup le mécanisme, et l'assujettit à de fréquentes et coûteuses réparations. 2°. L'action du moteur et celle de la résistance, agissant dans la partie centrale de tout le système, il en résultera que cette machine aura, à égalité de circonstances, beaucoup plus de stabilité que les autres machines à curer connues. 3°. On pourra augmenter, diminuer, interrompre à volonté l'action de la machine au moyen d'une vanne que l'on placera au point *d* et à l'entrée du coursier, et qu'on pourra élever et abaisser à volonté au moyen d'une vis, comme on le pratique ordinairement aux vannes ordinaires. 4°. La machine étant pourvue de deux chapelets, on pourra faire agir simultanément tous les deux lorsque le courant sera fort, et un seul dans les autres cas. Et, si celui-ci éprouve quelque dé-

---

(*a*) Voyez l'*Hydrodinamique* de *Bossut*.

rangement, on mettra en action l'autre, sans que la machine soit obligée de chomer. A cet effet, le tambour supérieur de chaque chapelet entrera dans l'axe, de manière que cet axe puisse tourner sans que ce chapelet soit obligé de tourner aussi. Quand on voudra que le chapelet agisse, alors on arrêtera le tambour sur l'axe par deux forts verroux de fer.

306. Les chapelets, en remontant, verseront la vase qu'ils contiennent dans une trémie correspondante à un ample canal qui traversera le ponton et ira aboutir à l'autre face. Ce canal sera fermé par une vanne que l'on ouvrira toutes les fois que la barque appelée *salope* viendra se placer sous son embouchure.

307. La machine sera amarrée à l'instar de celle de Venise, c'est-à-dire quatre pieux 1 2 3 4 seront placés vers ces angles extérieurs, correspondront à des moulinets armés de cliquets, et seront armés de sabots de fer. On lâchera ces pieux toutes les fois que l'on voudra fixer la machine, et alors ils descendront dans leur coulisse avec rapidité, et se planteront dans le terrain; on les élèvera quand on voudra déplacer la machine.

Moulin à draguer de Rochefort.

308. On doit à M. Hubert, très-habile ingénieur, l'idée aussi ingénieuse qu'utile d'employer la force aveugle du vent pour détruire les dépôts de vase qui se renouvellent sans cesse au-devant des portes des formes de construction de Rochefort: dépôts qui les auraient bientôt complétement obstruées, si on négligeait de les dissiper par de fréquens curages. Autrefois ce curage se faisait au moyen d'une drague mise en mouvement par des bœufs, et était extrêmement long et dispendieux. Maintenant un seul moulin, construit à l'instar des beaux moulins hollandais, effectue non-seulement cette opération, mais il met aussi en mouve-

ment d'autres machines très-utiles, telles que des meules à broyer les couleurs, un tour à tourner les essieux des poulies, et un laminoir. On voit, dans les galeries du conservatoire des arts et métiers, un joli modèle de ce moulin.

309. Le curage est produit par une drague qui reçoit un mouvement de va et vient par des cordages enroulés en sens contraire sur un gros cylindre; ces cordages, guidés par des poulies de renvoi convenablement placées, tirent la drague en deux sens directement opposés; quand un cordage agit, l'autre cède; et la drague peut ainsi traîner la vase depuis les portes du bassin jusque dans le courant du fleuve, et rétrograder pour commencer une nouvelle route.

310. Le cylindre dont nous venons de parler reçoit son mouvement circulaire alternatif de la manière suivante : L'axe du volant porte une roue dentée qui engrène avec une lanterne adaptée à la partie supérieure d'un axe vertical, lequel porte dans le bas une seconde lanterne destinée à mener successivement deux roues dentées, établies autour du cylindre à une distance l'une de l'autre plus grande que le diamètre de la lanterne. Au moyen de quoi, lorsque cette lanterne engrène dans la roue à gauche, elle ne touche point la roue à droite, et réciproquement; mais elle fait tourner le cylindre dans un sens ou dans le sens opposé, suivant qu'elle engrène l'une ou l'autre des deux roues dentées, et détermine par conséquent les marches contraires de la drague.

311. Pour opérer cette alternation d'engrenage, M. *Hubert* a fait supporter l'arbre de son mouvement par une traverse horizontale mobile. Un balancier, mû à main d'homme, peut agir sur cette traverse, tantôt à droite, tantôt à gauche, et fournit aussi le moyen de changer l'engrenage à volonté. Une circonstance heureuse facilite ce mouvement alternatif, et amortit le

choc que la lanterne tend à exercer contre la roue dentée qu'elle va rencontrer. Le cordage qui tirait la drague, dans l'engrenage prêt à cesser, étant extrêmement tendu, aussitôt que la lanterne n'agit plus pour le faire tirer, se détend et donne au cylindre un mouvement rétrograde, qui est précisément celui que le changement d'engrenage doit lui communiquer; les dents de la seconde roue se trouvent donc animées du même mouvement que la lanterne, et leur emboitage réciproque est extrêmement facilité.

La drague est une espèce de roue à auges, qui, après s'être remplie de vase dans la partie à curer, laisse échapper cette vase dans le lieu destiné à son émission. Autrefois c'était un petit traîneau armé d'un tranchant mobile.

Nous terminerons ce qui a rapport au curage par la description d'une machine fort utile qui sert à débarrasser les canaux des herbes qui les obstruent.

Machines à couper les plantes aquatiques.

312. M. de *Bettancourt* est l'inventeur de cette machine représentée fig. 3, 4, 5 (Pl. XI), qui lui a valu une récompense de 40 guinées décernée par la société d'encouragement à Londres. Cette machine, que l'on adapte à un bateau ordinaire, est composée d'une espèce de faux horizontale dont le plan est indiqué fig. 3. Cette faux est mue circulairement par une manivelle a adaptée à un engrenage conique b: la tige c c de la faux est mobile le long de deux anneaux x x; un boulon l'arrête et la fixe à une hauteur convenable. Pour que la machine puisse agir sur les talus, M. de *Bettancourt* a imaginé de la rendre mobile circulairement autour du centre p, et de la rendre plus ou moins inclinée suivant l'exigence; la crémaillère y, fig. 4, y facilite ce mouvement; elle est adaptée à un segment ou courbe en bois.

CHAPITRE III.

Extraction des corps solides submergés.

313. Nous décrirons d'abord les instrumens ou machines à l'aide desquels on peut séjourner dans l'eau et y effectuer des travaux. Ensuite, nous parlerons de quelques opérations remarquables qui avaient pour but l'extraction des corps submergés.

314. Les machines qui facilitent le séjour dans l'eau, sont de deux espèces; 1°. les *scaphandres*; ce sont des ceintures ou des spencers de liége ou d'autres matières légères qui soutiennent un nageur sur l'eau, et lui donnent la facilité de porter des secours aux personnes en danger de se noyer, et d'exécuter avec facilité et sans danger des manœuvres sur l'eau; 2°. les *cloches*, les *bateaux*, les *enveloppes à plongeur*, qui donnent les moyens de demeurer pendant un temps plus ou moins long sous la surface de l'eau.

Scaphandres.

315. Le chevalier de *Lanquer* obtint de Louis XIV une récompense pour l'invention d'un scaphandre composé de vessies pleines d'air.

316. Le docteur *Bachstrom* imagina une cuirasse en liége, propre à faciliter aux soldats le passage des rivières les plus larges. Elle était composée de quatre plaques appliquées sur le dos et sur la poitrine, et ne pesait que 5 kil.

317. M. *Gelaci* a construit une espèce de gilet formé de plusieurs morceaux de liége, placés à recouvrement comme les écailles de poissons.

318. La fig. 6 (Pl. XI) représente une ceinture en liége, très-commode et très-économique, imaginée par M. *Knight*.

Spencer. Cette ceinture, d'un diamètre suffisant pour laisser passer le corps d'un homme, a deux décimètres de large et est composée d'environ 800 bouchons enfilés, réunis ensemble et entrelacés par une ficelle; elle est recouverte d'une enveloppe de toile cirée. Trois courroies, avec un œil à chaque bout, sont attachées à la ceinture, et passent entre les jambes et sur les épaules de l'homme qui veut se revêtir de cette ceinture, au moyen de laquelle il peut se confier sans danger à la fureur des flots.

319. M. *Mangin* a fait en l'an XII des expériences sur la Seine avec des scaphandres de liége. Quelques nageurs, qui en étaient revêtus, ont exécuté sur l'eau l'exercice à feu, tant du mousqueton que des pistolets, ont fait des évolutions militaires, et ils ont passé et repassé quarante hommes avec armes et bagages, les entraînant derrière eux.

320. Il est étonnant que ces instrumens simples, peu coûteux, et dont l'expérience a constaté l'efficacité, soient délaissés, quoique depuis long-temps on sache combien ils sont utiles pour sauver la vie aux naufragés.

Cloches à plongeur.

321. Cette machine qui a effectivement la forme d'une cloche, a deux mètres à peu près de hauteur, et au moins un mètre de large par le bas. On la peut faire de bois, de plomb, de fer ou de cuivre; la matière la plus pesante est la meilleure, tant pour résister au poids de l'eau, que pour descendre plus aisément au fond. Le bas est armé d'un gros cercle de fer, et la cloche est environnée de cordes dont quelques-unes soutiennent des plaques de plomb. Au sommet de la cloche est attaché un cordage correspondant à un bateau qui soutient la cloche. L'homme qui est dans la cloche, pose ses pieds sur les plaques dont nous

venons de parler, et y met aussi les ustensiles dont il a besoin pour son travail, soit tenailles ou grapins suivant la nature des choses qu'il veut enlever du fond de l'eau.

322. Il faut laisser couler la cloche fort doucement dans l'eau, et que le bas soit chargé et fort pesant; autrement elle pourrait tourner sur le côté; mais, quand on la retire, il faut le faire le plus vite qu'on peut.

323. Un homme peut demeurer sous l'eau, dans une de ces cloches, à peu près une demi-heure. La vue y est fort libre, et l'homme qui touche au fond peut voir distinctement l'eau qui monte peu à peu dans la cloche. Lorsqu'elle lui vient jusqu'à la gorge, et qu'il se voit en danger si elle montait plus haut, il tire une corde qui est attachée autour de son corps, et qui correspond au bateau : au signal on le retire promptement; et, à mesure qu'on l'enlève, l'air se dilate dans la cloche, et l'eau baisse, de sorte qu'elle se trouve tout-à-fait vide lorsqu'elle vient sur l'eau.

324. Lorsque le plongeur veut changer de place, il fait des signaux par des cordes qui sont attachées au bord de la cloche par le bas, et dont l'autre bout répond au bateau.

325. La cloche à plongeur, employée en Angleterre, a la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire, dont la grande base est ouverte et tournée vers le bas. Dans l'intérieur, deux hommes assis chacun sur un banc peuvent travailler. Dix verres lenticulaires, incrustés dans la base supérieure de la cloche, réunissent et réfractent assez de lumière pour éclairer à une grande profondeur sous l'eau. Une machine sert, au moyen d'un long tuyau de cuir, à évacuer d'abord l'eau contenue primitivement dans la cloche au moyen de la compression de l'air, et ensuite à renouveler cet air. La cloche est suspendue par un moufle à la poupe d'un bâtiment qui la transporte où l'on veut, ou

bien elle est attachée à un treuil mobile sur deux systèmes de barres dentées qui se croisent.

326. Pour saisir les fardeaux et autres effets qui sont au fond de l'eau, comme canons, ancres, balles de marchandises, etc., on a de grandes et fortes tenailles dont les branches sont attachées à des cordes qui servent à les serrer, et dont l'autre bout, qui répond dans le navire, s'attache au cabestan; par ce moyen on enlève les plus gros fardeaux.

Bateau plongeur de *Coulomb*. Pl. XII, fig. 1, 2, 3, et 4 (*a*).

327. Le bateau de *Coulomb* est construit d'après le principe qui a fait imaginer la cloche à plongeur; mais il est exempt des défauts qu'elle a. Il est composé de trois caisses jointes l'une à l'autre. La fig. 1 représente ce bateau vu en perspective; la fig. 2 son plan, et les fig. 3 et 4 des coupes verticales correspondantes aux lignes désignées au plan 1. La partie inférieure des caisses A et B est fermée par un fond en madrier, en sorte qu'elles forment ponton; la caisse du centre, qui est celle où l'air doit être comprimé, est ouverte en entier dans sa partie inférieure, et est fermée par un plafond en madriers dans sa partie supérieure : ce plafond est percé de trois trous. Le premier trou *a* (fig. 1), de 6 à 7 décimètres de diamètre, se ferme exactement au moyen d'une trappe garnie de cuir; ce trou est destiné à introduire les travailleurs dans la caisse de compression; au centre de cette trappe, l'on pratique un châssis où l'on cimente avec soin une glace très-épaisse pour donner jour dans l'intérieur de la caisse; cette glace est soutenue extérieurement par plusieurs tringles, pour empêcher l'air qui doit être comprimé dans la caisse de l'enfoncer. Le second trou *b* n'a que

---

(*a*) *Observations sur la physique*, *par* Rozier, an 1779, tome 14.

6 à 7 centimètres de diamètre; il se ferme en dessous par une petite soupape à contre-poids, qui empêche l'air comprimé dans la caisse de s'échapper; ce trou donne communication au moyen d'un tuyau, entre la caisse de compression et un soufflet placé sur le plafond de cette caisse, et destiné à y renouveler et à y comprimer l'air. Le troisième trou *d* est surmonté d'un tuyau vertical de 5 à 8 décimètres de longueur, garni à son extrémité supérieure d'un robinet ouvert en partie pour évacuer l'air que la respiration des hommes pourrait corrompre, et qui sera chassé par l'air nouveau que les soufflets introduiront continuellement dans la caisse *c*.

328. La chambre de compression est doublée intérieurement avec des lames de plomb soudées avec soin, pour empêcher l'air comprimé de s'échapper par les joints des madriers.

329. Le bateau sera lesté de manière que les pontons s'enfoncent dans l'eau autant qu'il est nécessaire. On introduit les travailleurs dans la caisse de compression, on ferme la trappe, et, au moyen des soufflets, on chasse toute l'eau contenue dans la chambre de compression, en y substituant de l'air à la place. Par là, lorsque le bord inférieur de la caisse de compression touchera le fond, toute la partie renfermée sous cette caisse se trouvera à sec.

330. *Coulomb* a calculé qu'un seul homme travaillant au soufflet peut fournir dans la caisse de compression 14 pieds cubes d'air par minute. (La consommation de l'air respiré par les hommes est estimée par Désaguillers à 8 pieds cubes par heure.) La grandeur du soufflet et le nombre d'ouvriers à employer doivent être proportionnés à la capacité de la caisse. Et, lorsqu'on voudra donner une grande densité à l'air, on pourra substituer des pompes aux soufflets. *Coulomb* croit que ces derniers sont

plus commodes lorsqu'il s'agira seulement de soutenir par la compression une colonne d'eau de 3 à 4 mètres.

331. Pour se débarrasser des déblais que les travailleurs formeront sous la caisse de compression, on place dans l'intérieur de cette caisse (fig. 3 et 4) une grande hotte. Le fond qui ferme la partie inférieure de cette hotte est attaché à charnières au côté de la chambre, et est soutenu au moyen de deux chaînes liées au plafond de la chambre, mais que l'on peut lâcher à volonté; cette hotte est attachée à 1 mètre ou 1 mètre $\frac{1}{2}$ plus haut que le terrain que l'on veut déblayer, pour que l'on puisse travailler par-dessous; elle a toute la longueur de la chambre. Lorsque le travail sera fini, et que le bateau sera remis à flot, on le conduira dans quelque partie, où les déblais que l'on vuidera en lâchant les chaînes ne puissent point nuire.

332. On pourrait avoir des doutes que la condensation de l'air ne nuisît à l'économie animale des hommes renfermés sous la caisse de compression; mais de nombreuses expériences, faites par des physiciens dont l'exactitude et la sagacité sont connues, prouvent que cette condensation n'est pas nuisible. *Musschembrock* affirme que les hommes se trouvent assez bien dans l'eau à une profondeur de 300 pieds, pourvu qu'on y renouvelle l'air, et que l'on y fournisse celui nécessaire à leur consommation.

Halley a fait lui-même plusieurs expériences en s'introduisant sous la cloche du plongeur, où il renouvelait l'air au moyen d'un tonneau que l'on descendait de la surface de la mer, sans qu'il lui soit arrivé aucun accident.

333. Si l'on voulait se servir du bateau de *Coulomb* dans la Méditerranée, ou bien dans le lit profond d'une rivière, on le coulerait et on le mettrait à flot au moyen d'une certaine quantité d'eau que l'on introduirait dans les pontons, et que l'on vuiderait à volonté.

334. Pour rendre l'usage de cette caisse plus commode, pour y renouveler les travailleurs, et y introduire quand on voudra des matériaux et des outils, sans laisser remonter l'eau dans la caisse, il faudra pratiquer dans la partie supérieure de la chambre de compression un ou deux petits coffres d'un mètre un tiers, ou bien d'un mètre et demi dans tous les sens, doublés, comme la chambre, d'une lame de plomb : ces coffres communiqueront, au moyen de deux portes, d'un côté, avec la chambre de compression, de l'autre avec l'air extérieur; par ce moyen, l'on pourra former un dépôt et introduire dans la chambre de compression tout ce qu'on jugera à propos, sans y diminuer l'état de condensation nécessaire pour tenir à sec le dessous de la caisse.

335. Le bateau de *Coulomb* n'a de commun avec la cloche du plongeur que le principe de la construction. La cloche du plongeur est toujours suspendue par une corde, et manœuvrée par des cabestans; si on veut qu'elle déplace un volume d'eau un peu considérable, il faut lui donner un poids énorme, et sa manœuvre devient très-difficile, pour ne pas dire impossible; s'il arrive un accident, le seul homme qu'elle peut renfermer est souvent étouffé et noyé avant qu'on puisse la tirer de l'eau; mais, avec ce bateau, il paraît que l'on pourra mettre à sec au milieu des eaux, des surfaces de plus de 36 mètres carrés sans avoir rien à craindre, parce que la partie supérieure de la caisse est toujours hors de l'eau; que les travailleurs qui y sont peuvent parler à ceux qui sont dehors; que l'air y est renouvelé par des courans continuels. La manœuvre sera dans tous les cas de la plus grande facilité; elle s'exécute dans l'Océan par le seul mouvement des marées qui le coule et le met à flot; dans la Méditerranée et dans les rivières, de l'eau introduite dans les pontons et vidée avec des pompes, remplit le même objet.

336. Quelques spéculateurs se proposent, dit-on, d'entreprendre des travaux dans le Tibre à Rome, pour rechercher les précieux débris antiques qui y sont enfouis. J'ignore les procédés qu'ils se sont proposé d'adopter, mais je suis persuadé qu'aucun ne peut remplir le but qu'ils ont en vue, d'une manière plus simple, plus facile, plus économique que le bateau plongeur de *Coulomb*, lequel peut servir, avec une grande utilité, à une foule d'autres opérations analogues.

Appareil à plonger impénétrable de M. *Klingert*. Pl. XI, fig. 7 (*a*).

337. Cet appareil est composé d'une cuirasse de fer-blanc, de forme cylindrique, qui enveloppe la tête et le corps du plongeur, et lui laisse libres les bras et les jambes.

a, casque sphérique dont l'intérieur est fortifié par des bandes de fer. Il a quatre ouvertures, deux desquelles sont garnies de lunettes pour permettre au plongeur de voir autour de lui; la troisième ouverture sert de base au tuyau respiratoire qui y est vissé; et la dernière, fermée par un couvercle que le plongeur ouvre lorsqu'il monte, lui donne la faculté de respirer librement aussitôt qu'il est hors de l'eau. — *b*, cuirasse cylindrique réunie au casque au moyen d'une enveloppe de cuir solidement retenue par deux cercles à vis *c c*. Les jambes et les cuisses du plongeur sont revêtues d'un pantalon de cuir réuni également à la cuirasse par un cercle à vis *d*. Les bras sont recouverts degants à longues manches cousus à l'enveloppe de cuir. Les tuyaux respiratoires *y y* de cuir, sont tenus ouverts par une spirale de fil de laiton placée intérieurement. Un réservoir *x* appliqué de manière à pouvoir être divisé, est destiné à recueillir la petite quantité d'eau qui se forme dans les tuyaux, quand on y a res-

(*a*) *Annales des Arts et Manufactures*, tome 3.

piré quelque temps. Les cuirs cousus avec toutes les précautions possibles doivent être enduits d'un vernis composé de six parties de cire, deux de térébenthine, deux de brai sec et deux de saindoux. La cuirasse est armée d'une petite pompe *r r*, au moyen de laquelle le plongeur peut vider l'eau qui pourrait filtrer à travers les joints et les coutures de l'appareil. Des poids *p p* suspendus à la cuirasse servent à lester le plongeur.

338. Le plongeur qui veut se servir de cet appareil, s'en revêt, y suspend les poids nécessaires pour s'immerger, et s'enfonce jusqu'à la hauteur des yeux, tandis que le bout du tuyau est tenu par quelques personnes sur le rivage; il essaie alors s'il peut respirer avec facilité, et s'il n'entre point d'eau dans le tuyau; il a la précaution de s'attacher une corde au bras, pour pouvoir la tirer en cas de besoin, puis il pénètre progressivement au fond de l'eau. A mesure qu'il fait des observations, il parle à travers le tuyau expiratoire, ou, s'il se trouve en danger, il tire la corde pour avertir. Quand il veut remonter, il décroche les poids de son lest; et, comme l'appareil déplace une quantité d'eau plus considérable que la gravité spécifique, il remonte sur-le-champ. En 1797, un plongeur allemand se servit avec succès de cet appareil dans l'Oder, pour scier un tronc d'arbre qui était au fond à une profondeur de plus de 20 pieds, et pour attacher plusieurs cordes au moyen desquelles on put facilement l'extraire ainsi que plusieurs autres objets submergés dans cette rivière.

Méthodes d'exécuter des travaux sous l'eau sans avoir recours aux épuisemens.

Moyen de miner un rocher submergé.

339. M. *Daniel Thumberg*, ingénieur suédois, fit exécuter une opération de cette nature par des ouvriers placés sur un

radeau. Ils ont d'abord foré le rocher à l'aide d'une forte tige ou foret de fer, long autant que la profondeur de l'eau l'exigeait. Le foret était dirigé et bridé par un tuyau adapté à un trou pratiqué au milieu du radeau.

340. Le rocher étant percé, on introduisit la charge de la manière suivante. Cette charge était placée dans un tuyau de fer-blanc imperméable à l'eau. L'extrémité inférieure, fermée par un fond, s'assujettit convenablement dans le trou percé.

341. (*a*) La charge consistait en une cartouche de papier remplie de poudre, et attachée à un coin de fer avec du fil à coudre les voiles. A ce premier coin s'appliquait un autre coin adapté à une tige de fer qui s'élevait au dehors du tuyau. Sur la face plane de ces coins était une rainure (faite à la lime) qui atteignait jusqu'à la poudre; cette rainure se prolongeait sur toute la longueur du tuyau de fer-blanc par le moyen d'une règle de bois, creusée sur le côté tourné vers la tige de fer, et qui y était assujettie avec de la grosse ficelle.

342. Avant d'attacher ensemble la règle et la tige, on plaçait dans la rainure une étoupille qui partait de l'extrémité supérieure, et communiquait avec l'intérieur de la cartouche; une mèche était appliquée à l'extrémité de l'étoupille; sur la tige de fer on avait placé une grosse pierre qui l'empêchait d'être repoussée trop loin lorsque le coup partait.

343. Le tout ainsi disposé, on mettait le feu à la mèche; l'explosion avait lieu à l'instant. Le premier coin était chassé avec les fragmens détachés du rocher; mais celui appliqué à la tige de fer ne pouvait céder, et on le retirait avec sa tige après l'explosion.

(*a*) *Mémoires de l'Académie de* Stockholm. — *Description des travaux exécutés à Carlscron, par* Daniel Thumberg.

344. Dans cette opération, les deux coins réunis contiennent la charge dont l'effet ne manque jamais, comme l'expérience l'a démontré. On perd ordinairement quatre pieds de tuyaux et le coin inférieur, mais le coin supérieur peut servir à de nouvelles charges, parce qu'il n'est jamais endommagé.

345. Par cette méthode, qui n'exige pas de grandes dépenses, on peut approfondir certains ports, rendre des rades plus commodes et plus sûres, et débarrasser les rivières et les fleuves des rochers qui en obstruent le cours et en empêchent la navigation.

345 (*bis*). M. *Daniel Thumberg* a auss élevé de gros blocs de pierre du fond de l'eau, en faisant percer avec le fleuret du mineur un trou profond de 20 à 25 centimètres dans le bloc : on y introduisit les deux coins, qui, par leur réunion, formaient un cylindre et remplissaient le trou; et, en faisant frapper ensuite plusieurs coups de masse sur la barre de fer qui tenait au coin supérieur, les deux coins étant alors étroitement serrés, on élevait le bloc hors de l'eau à l'aide d'un treuil et d'une corde attachée à un anneau fixé au coin inférieur.

Méthode de M. *Bonvoux* pour extraire un navire submergé (*a*).

346. M. *Bonvoux* est parvenu à retirer la carcasse d'un navire échoué depuis quatre-vingts ans dans la Loire, et qui gênait beaucoup la navigation, par des moyens très-simples et très-économiques. Dans ces sortes d'opérations, la plus grande difficulté est de fixer, au corps submergé que l'on veut extraire, des points d'attache ou de suspension d'une solidité à toute épreuve ; M. *Bonvoux* est parvenu à obtenir ces points importans en faisant passer sous la carcasse qu'il voulait enlever, quatre câ-

---

(*a*) *Mémoires des savans étrangers*, tome V.

bles qu'il a ensuite amarrés à des gabares, lesquelles, par le jeu des marées, l'ont arraché de la souille et l'ont conduit à terre.

347. M. *Bonvoux* a effectué le passage des quatre grelins au moyen d'une barre de fer de 3 centimètres de gros, et 11 mètres de longueur. Cette barre, recourbée en forme d'arc de cercle, était appointie par le bout, et à l'autre elle avait un œil dans lequel devait entrer un bout du grelin qu'il fallait passer sous la quille. La barre formait la jante d'une portion de roue soutenue par quatre forts rayons dont l'extrémité centrale était enfilée dans un fort boulon qui faisait l'office d'axe autour duquel cette portion de roue tournait. Le boulon était posé dans une forte pièce de bois verticale, fixée par en bas au moyen d'une fourche dans l'intérieur de la carcasse, et assujettie par le haut à un appareil de charpente, sur un ponton solidement amarré à de forts pieux. On fit entrer la barre ou aiguille dans le terrain par l'action de plusieurs hommes, dont quelques-uns agissaient immédiatement sur elle; d'autres la saisissaient plus bas au moyen d'une pince sur le manche de laquelle ils appuyaient fortement. La barre étant entrée d'une certaine quantité, et le premier rayon du secteur portant déjà sur le sable, on le détacha, car il était assujetti à la barre par un étrier à vis, dont on pouvait ôter l'écrou avec facilité.

348. La résistance que rencontrait l'aiguille augmentant à mesure qu'elle s'enfonçait, on la faisait souvent reculer d'une petite quantité pour la faire ensuite entrer de nouveau avec plus de force, et on frappait avec un maillet sur le manche de la pince. Aussitôt que la pointe de l'aiguille fut sortie du terrain, on parvint à l'engager dans une boucle de corde, et on la retint au moyen d'un croc à trois dents, dont celle du milieu entrait dans des trous faits au bout de l'aiguille; alors plusieurs hommes faisaient force sur la corde et sur le manche du croc, tandis que

d'autres du côté opposé ne cessaient de battre sur le manche de la pince ; mais, lorsque ces derniers ne purent plus agir, on attacha une caliorne à la corde amarrée à la pointe de l'aiguille ; cette caliorne correspondait à un cabestan établi sur une chaloupe : c'est en virant à ce cabestan que l'on faisait avancer sous la carcasse l'aiguille et le câble.

349. Il était avantageux que le point attaché se trouvât toujours près de l'endroit où l'aiguille sortait du terrain. M. *Bonvoux* est parvenu à ce résultat d'une manière simple et ingénieuse. Après avoir fait descendre l'amarrage auprès du terrain, il enfilait l'aiguille dans des boucles percées ; et, quand il y en avait assez pour arriver jusqu'à la pointe, il arrêtait la dernière avec une clavette qui entrait dans les trous de l'aiguille ; par ce moyen l'*amarre* ne pouvait remonter le long de l'aiguille. En ajoutant des boules à mesure que l'aiguille sortait du terrain, on vint à bout de la retirer en entier, et d'avoir le bout du grelin qui embrassait le dessous de la carcasse.

Ayant passé de même quatre grelins dans la longueur de la carcasse, M. *Bonvoux* mit deux barques à l'aplomb du bord de la carcasse ; il les traversa avec quatre mâts auxquels il lia les grelins pendant que la mer était basse : la marée étant venue à monter, les barques pontées soulevèrent la carcasse qu'on échoua sur un terrain plus élevé, et en quelques marées on se trouva en état de la démolir.

Méthode de M. *Goubert*.

350. (*a*) M. *Goubert* était parvenu précédemment à faire passer seize cordages sous la quille d'un galion envasé depuis quarante-deux ans dans la rade de Renondelle, à une profon-

(*a*) *Mémoires des savans étrangers*, tome II.

deur de 17 pieds d'eau à basse-mer. L'aiguille dont il se servit n'était point en fer comme la précédente, mais elle était faite avec un mât de pin de 10 mètres, garni de quatre barres de fer plates dans toute sa longueur, et armé d'une broche de fer de sept mètres de long; au bout était un grappin auquel étaient amarrés deux cordages qu'on voulait faire passer.

351. Pour faciliter l'introduction de cette aiguille, qui devait se faire au moyen d'une sonnette à mouton établie sur un radeau, M. *Goubert* fit préalablement creuser des petits canaux dans la vase qui environnait le navire échoué. Un de ces canaux était perpendiculaire à la quille, et il était du côté par où l'introduction devait commencer; l'autre, placé du côté opposé, était parallèle à cette quille; le premier avait 3 mètres de longueur, le second en avait 2 sur 5 de large, et 5 de profondeur: c'était dans ce canal que l'aiguille devait aboutir.

352. Le tout ainsi disposé, l'aiguille battue obliquement par le mouton traversa 42 pieds de vase, et sa pointe se fit jour dans le long canal. Alors on amarra un cordage au grappin de cette pointe; et, comme la broche amarrée au bois de l'aiguille avait été placée de manière qu'on pût facilement les séparer, on retira le bois par le gros bout au moyen de trois cabestans virans sur les garans de caliornes et avec des *corps-morts* à terre. Quand le bois fut retiré, les cordages et la broche furent également retirés du côté opposé avec un très-petit effort. Les cordages étant passés, M *Goubert* employa trois grands pontons garnis chacun de fortes *bittes* et de huit *virevauts* (treuils horizontaux), pour y fixer les seize câbles. Ces pontons soulevèrent progressivement le galion, et, au moyen de l'action des marées, on put le faire échouer sur des fonds de plus en plus élevés, et procéder à sa démolition.

Extraction mémorable du vaisseau le Phénix *qui était submergé dans la lagune de Venise.*

353. Cette extraction est une des plus célèbres dont on ait connaissance. Les procédés très-ingénieux qui furent mis en usage à cette occasion ont été soigneusement décrits dans un ouvrage publié par le sénateur Zusto, par ordre du gouvernement vénitien.

354. Le vaisseau de ligne *le Phénix*, de 74 canons, échoua l'an 1783 dans le canal de Spignon, proche de la principale embouchure de la lagune de Venise. La submersion de ce vaisseau, dans une situation aussi importante, produisait de si graves inconvéniens, que le sénat de Venise fut obligé d'en ordonner l'extraction malgré les nombreux obstacles qui rendaient cette opération extrêmement difficile et coûteuse. Le chevalier Morelatto, officier de marine très-distingué, en fut chargé sous la direction immédiate de M. Zusto.

355. Le vaisseau, submergé à une profondeur de 36 pieds sous le niveau ordinaire de l'eau, était enfoncé de quelques pieds dans la vase, et avait éprouvé dans son naufrage des ruptures considérables. Il s'agissait donc non-seulement de soulever l'énorme poids de ce vaisseau, mais il fallait élever avec lui une grande masse de vase dont il était rempli, et avant tout surmonter l'adhérence de ce corps avec le fond sur lequel il reposait. Il a fallu, pour vaincre toutes ces forces réunies, exercer un effort équivalent à un poids de près de trois millions et demi de livres. On a employé successivement deux méthodes; l'une et l'autre produisirent leur effet, et la première aurait opéré l'extraction entière du vaisseau, si une violente tempête, survenue au moment de l'exécution lors même que le vaisseau avait déjà été soulevé près de 15 pieds, et qu'on se préparait à le con-

duire en un lieu de sûreté pour le démolir, n'avait obligé de défaire l'appareil et de le laisser échouer de nouveau.

356. La première méthode consistait, dans la formation au-dessus du vaisseau, d'un grand et robuste châssis composé de 18 mâts de 30 mètres de longueur, assujettis par de nombreuses ligatures à cinq rangs de traverses longitudinales : ce châssis était lié au vaisseau submergé par le moyen de plusieurs amarrages très-forts passés alternativement dans les sabords, entre les ponts du vaisseau et sur les mâts composant le châssis. On introduisit quatre bâtimens sous le châssis en les remplissant d'eau : quand ils furent assujettis au châssis, on disposa longitudinalement un vaisseau de ligne vers la poupe, et cinq bâtimens d'une moindre grandeur vers la proue. On disposa sur le premier 10 cabestans qui agissaient sur des caliornes amarrées à la poupe du vaisseau submergé, et sur les cinq autres, 17 cabestans avec leurs caliornes respectives pour agir sur la proue. Lorsqu'on voulut soulever le *Phénix*, on vuida les quatre bâtimens remplis d'eau et disposés sous le châssis, et en même temps on vira tous les cabestans. Cette manœuvre produisit, comme nous venons de le dire, l'effet qu'on en attendait : néanmoins, à la seconde tentative, qui fut couronnée du succès le plus complet, on préféra d'employer la méthode suivante :

357. On se servit uniquement de l'action des cabestans, des caliornes et de deux grands leviers, et on abandonna l'usage des bâtimens immergés.

358. Plus de 60 cabestans furent disposés sur deux larges planchers, l'un desquels était posé sur un vaisseau de 74, l'autre sur deux bâtimens de moindre force. Ces planchers étaient soutenues par de gros mâts bruts de 30 mètres de longueur; plus de leur moitié saillait hors du vaisseau qui les supportait, du côté opposé à celui qui faisait face au navire submergé. Une ga-

lère était attachée à l'extrémité de ces mâts, pour faire contre-poids à l'effort énorme qu'on devait exercer du côté opposé lors de l'extraction.

359. La fig. 1 (Pl. XIII) indique la coupe du vaisseau de 74 sur lequel était disposé un des appareils, qui consistait : 1°. en trois énormes *faucons* ou *corbeaux saillans*, assujettis aux mâts du vaisseau ; 2°. en dix-huit faucons de moindre grandeur, appuyés contre les bords du vaisseau, chacun de ces derniers était garni d'un virevau ou treuil horizontal ; 3°. en trente cabestans rangés symétriquement sur le plancher en trois files et en échiquier, de façon que chacun d'eux pût être manœuvré sans empêchement.

360. Les trois *grands faucons* et les dix-huit *moyens* servaient de points de suspension aux caliornes qui correspondaient aux trente cabestans et aux dix-huit virevaux.

361. Un appareil semblable était disposé sur un autre plancher supporté par les deux vaisseaux de moindres dimensions, dont nous avons déjà parlé. Pour rendre ces derniers capables d'opposer à la submersion une résistance équivalente à celle dont le vaisseau de 74 était susceptible, on disposa tout autour une ceinture de gros tonneaux retenus par un châssis qui les couvrait, et qui était contre-butté par de nombreuses contre-fiches appuyées contre les flancs des deux bâtimens.

362. Les deux appareils devaient agir parallèlement sur les côtés du vaisseau submergé. Deux autres appareils furent préparés pour agir simultanément sur la proue et sur la poupe. Un d'eux est représenté fig. 2 (Pl. XIII). On voit qu'il était destiné à faire mouvoir un levier d'une grandeur extraordinaire, formé par le grand mât d'un vaisseau. Ce levier, suspendu par des caliornes à de très-solides montans, était manœuvré par des cabestans combinés avec d'autres caliornes.

363. Les quatre appareils furent fixés par un grand nombre de gros câbles, dont la plupart étaient amarrés à des groupes de pieux plantés sur les bords du canal, et les autres correspondaient à des ancres assujetties avec toutes les précautions que l'art suggère. Lorsqu'il fallut les mettre en action, plus de 600 hommes virèrent à la fois sur les cabestans et sur les virevaux. Lorsque *le Phénix* fut soulevé à une quinzaine de pieds au-dessus du fond, on l'entraîna avec tous les appareils le long du canal, et on le déposa sur un autre fond plus élevé; ensuite on le souleva de nouveau, on le transporta dans un endroit moins profond encore, où l'on pût avec facilité démolir la carcasse.

364. Cette grande opération, comparable à tout ce que la mécanique a produit de plus étonnant, dura plus de deux années, et exigea une énorme quantité de câbles, de cordages de toutes les dimensions, un grand nombre de pièces de bois d'une force et d'une grandeur peu communes.

CHAPITRE IV.

Battage et arrachement des pieux.

365. On appelle en général *pieux*, de longues pièces de bois enfoncées verticalement dans le terrain, et destinées à porter un édifice construit au-dessus des hautes eaux d'une rivière, tels que les ponts de charpente et les moulins.

366. Les *pilots* ou *pilotis* sont des pieux moins longs destinés à porter un ouvrage en maçonnerie, qu'on veut fonder dans un terrain peu consistant, ou bien dans une rivière sous les basses eaux, comme les ponts, les murs de quai, les écluses et autres constructions.

367. L'utilité des pieux proprement dits est incontestable; il n'en est pas de même de celle des pilotis. Des constructeurs habiles, parmi lesquels on remarque M. *Rondelet* dont l'autorité est d'un grand poids, regardent leur utilité comme très-douteuse. Une courte discussion sur cette importante question ne sera pas ici superflue.

368. Presque généralement les pilotis sont employés toutes les fois qu'un édifice de quelque importance, doit être construit sur un terrain susceptible d'un affaissement plus ou moins considérable, et surtout, lorsque ce terrain n'étant pas d'égale nature sur toute l'étendue que doit occuper l'édifice, sa compression est variable.

369. Le véritable but du pilotage n'est pas, comme on le pense communément, d'atteindre le bon terrain avec les pointes des pilotis; car, s'il pouvait se trouver à une profondeur moindre que la longueur des pilotis, c'est-à-dire, moindre de deux à cinq mètres, on aurait grand tort de ne pas faire les déblais nécessaires pour asseoir immédiatement les fondations sur ce bon terrain; mais il est de fait que, dans la plupart des cas, il ne se trouve qu'à une profondeur bien plus considérable: ainsi donc le pilotage ne fait autre chose que remplacer en partie les dernières couches d'un terrain peu consistant, et consolider le reste par une forte compression.

370. Le pilotage n'est pas le seul moyen de solidifier le terrain par une forte compression; une percussion immédiate sur le terrain même doit produire cet effet d'une manière plus économique et peut-être plus efficace. Il n'est nullement difficile de rendre la compression aussi forte qu'on le désire, par la masse du corps choquant, par la hauteur de sa chute et par le nombre de ses coups. Et il paraît évident qu'on pourra toujours, par ce moyen, rendre un terrain capable de soutenir

inaltérablement une charge donnée, pourvu qu'elle soit moindre que celle due à une percussion, tellement combinée et prolongée que les derniers coups ne produisent plus sur le terrain aucun affaissement sensible. *Vitruve* nous apprend que les anciens faisaient usage des *sonnettes* ou machines à piloter pour comprimer le terrain. Il dit au chapitre III du troisième livre, en parlant des fondations des temples (*a*) : « Les intervalles entre les murs seront voûtés ou remplis de terre massivée avec la machine à battre les pieux. »

371. M. *Rondelet* (*b*) rapporte qu'il a vu pratiquer avec succès, par un constructeur habile, le battage d'un terrain pour prévenir le tassement que la charge d'un édifice qui y fut construit devait produire. Il se servit, à cet effet, d'une pièce de bois ferrée par le bas, pesant environ 50 kilogrammes, soulevée par deux hommes.

372. On a remarqué à Venise, ville fondée, comme on le sait, au milieu des eaux, sur le fond marécageux d'une lagune, que plusieurs grands édifices construits dans le 14e. siècle et antérieurement, n'ont pas leurs fondemens posés sur un pilotage comme ceux qui furent érigés après cette époque; mais ils sont assis sur une large base de maçonnerie qui surpasse en étendue celle du plan de l'édifice superposé.

373. La maçonnerie est elle-même assise sur une couche de terre bien corroyée, qui porte les traces d'une forte compression artificielle. Ces édifices, parmi lesquels on distingue les *vieilles procuraties*, dont la construction est aussi soignée que l'architecture en est élégante, ne démontrent point d'altérations

---

(*a*) « . . . . . *Intervalla autem concameranda aut solidanda fistucationibus.* . . . »

(*b*) *Traité de l'art de bâtir*, tome III.

notables, tandis qu'un grand nombre d'autres monumens, non moins considérables, mais établis sur des pilotis, témoignent, par de nombreuses lézardes, les tassemens irréguliers qu'ils ont éprouvés. On assure que le clocher de Saint-Marc, un des plus élevés d'Europe, n'est point soutenu par des pilotis.

374. Il paraît que les anciens n'ont employés la méthode du pilotage que très-rarement. Ils aimaient mieux établir un massif continu de maçonnerie de blocage, qui s'étendait sur la surface entière que l'édifice devait occuper. C'est un tel massif fait avec du bon ciment, bien massivé, d'une épaisseur suffisante, et qu'on avait laissé reposer assez de temps pour faire corps, qui servait de base aux édifices les plus colossaux; et cette base inaltérable était de nature à augmenter de force en vieillissant, comme l'expérience l'a démontré. Cette méthode est encore en usage en divers lieux, sur les bords de la Méditerranée. Lorsqu'on en fait usage, il faut d'abord faire un encaissement semblable à ceux des batardeaux ordinaires. Cet encaissement, formé par des pieux et des planches, est d'une solidité proportionnée à la hauteur de l'eau, à la poussée de la maçonnerie et à la profondeur du draguage que l'on doit faire pour enlever la vase. Après que cette matière peu consistante a été enlevée, on jette alternativement dans l'encaissement une couche de béton et un lit de pierres arrangées le plus également possible, et battus avec des *demoiselles* à long manche, et continuant ainsi jusqu'au-dessus du niveau de l'eau; alors on laisse reposer cette maçonnerie pendant quelques mois, puis on y pose une assise de libage, sur laquelle on établit les constructions en pierres de taille ou en briques, qui doivent former la partie hors de l'eau.

375. *Bélidor* nous apprend que c'est ainsi que fut construite une des jetées de la nouvelle darse de Toulon. La fig. 5 (Pl. XII) représente une caisse dont on fit usage, à cette occasion, pour

verser le béton dans l'encaissement, afin qu'il ne se délaie pas trop en tombant. Le fond est à charnière d'un côté, et arrêté de l'autre par un mentonnet ou déclic qu'on fait jouer au moyen d'une petite chaîne ou d'une corde.

376. Dans les terrains marécageux, vaseux, tourbeux, dans ceux composés de sables mobiles et bouillonnant, l'expérience a démontré que le meilleur moyen d'y établir de solides fondemens était d'étendre sur toute la superficie un châssis de charpente recouvert de madriers, ou, mieux encore, une forte couche de maçonnerie en blocage à bain de mortier. En employant de la charpente, elle peut s'altérer avec le temps, et compromettre à la longue l'existence de l'édifice, tandis que le massif de maçonnerie, soigneusement fait, reçoit progressivement de nouveaux accroissemens de dureté et de tenacité. Outre cela, le contact de ce massif avec le terrain est immédiat et continu, malgré les inégalités qu'il peut y avoir, au lieu que la surface du châssis n'y repose pas toujours également et entièrement.

377. La magnifique corderie de Rochefort, dont la longueur surpasse 450 mètres, a été construite par *Blondel*, sur un terrain glaiseux dont la consistance diminue en s'approfondissant, et devient une vase demi-liquide. Ce célèbre architecte n'employa aucun pilotis, mais il établit les fondemens sur un grillage continu de charpente, qui s'étendait non-seulement sur toute la longueur des murs de face, mais encore sous de petits murs de traverse, également espacés à 8 mètres de distance l'un de l'autre, et qui ne s'élevaient qu'à la hauteur du sol, leur emploi étant de lier les fondemens des murs de face.

Ce grillage fut enfoncé de son épaisseur dans la glaise; il fut recouvert d'un plancher de madriers jointifs, et on eut soin de construire la maçonnerie des murs qui reposait sur le plancher

par assise générale. Ce grand édifice ainsi fondé subsiste sans altération.

378. Il paraît donc que dans un grand nombre de cas on peut se passer de la méthode coûteuse du pilotage, d'autant plus qu'elle n'offre point une résistance constante et inaltérable; l'expérience a prouvé que souvent les pilotis, après avoir résisté à la percussion du mouton, et donné l'apparence du refus à un enfoncement ultérieur, s'enfoncent ensuite de nouveau avec une grande facilité lorsqu'on vient à les rebattre au bout d'un certain temps.

379. Les pilotis peuvent être néanmoins de très-bon usage, lorsqu'on les emploie non comme soutiens immédiats d'un édifice, mais comme préservateurs de l'enceinte de ces fondations, soit pour prévenir les enfouillemens, soit pour contenir et brider les épanchemens de la portion du terrain soumis à la charge de l'édifice.

Expériences sur la force de percussion.

380. Les machines dont on se sert pour battre les pieux et les pilotis, et pour comprimer le terrain, agissent toutes par percussion; on les appelle *sonnettes* ou *moutons*. Le premier nom désigne plus particulièrement l'appareil employé pour faire monter une lourde masse de bois et de fonte, et la laisser tomber ensuite par son propre poids. C'est la masse *percussiente* que l'on appelle *mouton*. Les moutons ordinaires varient de poids depuis 400 jusqu'à 4000 livres, suivant l'exigence des cas. Avant d'examiner la structure de ces machines, il est à propos de faire connaître brièvement les résultats des expériences qui ont été faites pour constater l'effort de la percussion.

381. Les expériences de *de Camus*, gentilhomme lorrain (*a*);

(*a*) *Traité des forces mouvantes.*

de l'ingénieur *Soyer* à la fondation du pont de la Boyerie, près La Flèche; de *de Camus* de l'académie des sciences (*a*), sur l'enfoncement des boules dans la glaise; de *Bernoulli* (*b*), indiquent concordamment que la force du choc d'un corps abandonné à l'action de sa pesanteur est *proportionnée à la hauteur de sa chute*, ou au carré de la vitesse acquise à la fin de cette chute.

382. Suivant *Mariotte*, le choc d'un corps de 2 livres 2 onces tombant de 7 pouces de hauteur, est équivalent à la pression de 400 livres. Si l'on compare ce résultat extrêmement exagéré avec ceux des expériences de M. *Rondelet*, on le reconnaît inadmissible, comme le sont également les conséquences et les calculs que *Perronet* en a déduits dans son mémoire sur les pieux.

Les expériences de M. *Rondelet* ont été faites à l'aide du dynamomètre de *Regnier* indiqué fig. 1 (Pl. I). Il accrochait un plateau de balance au dynamomètre, à une distance un peu plus grande que la hauteur d'où devait tomber le corps. On suspendait au même point ce corps, avec une ficelle très-mince et à une hauteur déterminée au-dessus du plateau de balance; on brûlait ensuite cette ficelle, afin de n'occasioner aucun mouvement capable de déranger la direction verticale que devait suivre le corps pour tomber sur le plateau. Dans quelques expériences il supprima le plateau, en attachant le corps à une ficelle un peu plus longue que la hauteur d'où il devait tomber; il relevait ensuite le corps qu'il tenait suspendu par une seconde ficelle beaucoup plus mince, en sorte que la différence de ces

(*a*) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1728.

(*b*) *Discours sur les lois de la communication du mouvement*, tome Ier. *du Recueil des pièces de prix de l'Académie des sciences de Paris.*

deux ficelles exprimait la hauteur de la chute : on brûlait la petite ficelle; et le corps retenu à la fin de sa chûte par la grande, communiquait au dynamomètre auquel il était attaché, la même impression que sur un plateau de balance.

383. Les expériences faites à des hauteurs au-dessous de cinq mètres, par la première manière, ont donné des résultats plus forts que par la seconde; mais, pour les plus grandes hauteurs, les deux manières ont donné à peu près les mêmes résultats.

384. Ces expériences ont été faites avec des boulets de fer de trois grosseurs différentes. Le premier pesait 9 livres et demie, le second 6 livres et un quart, le troisième 3 livres et 3 quarts.

385. M. *Rondelet* a reconnu d'abord qu'il est difficile d'évaluer les chocs qui résultent des chutes au-dessous d'un demi-mètre; ayant donc fait des expériences de mètre en mètre, la première boule, en tombant successivement d'un, 4, 9 et 16 mètres de hauteur, a produit des chocs exprimés par 188, 292, 560 et 746 livres, qui sont à très-peu de chose près entre eux comme les racines 1, 2, 3 et 4 des hauteurs d'où ils sont tombés, ainsi que l'avaient déjà indiqué les expériences citées.

386. Le second boulet, en tombant des mêmes hauteurs, a donné 122, 238, 364 et 486 livres qui diffèrent peu des racines des hauteurs.

387. Enfin le dernier boulet a donné plus de différence, car les racines des hauteurs étant comme 1, 2, 3 et 4, la force des chocs a été 37, 70, 108 et 142.

388. En calculant, d'après les résultats moyens de ces expériences, la force de percussion d'un mouton pesant 750 livres et tombant de cinq pieds de haut, on trouvera qu'elle équivaut à peu près à une pression de 19 milliers.

389. Quoique les expériences très-nombreuses de M. *Ron-*

delet méritent plus de confiance que celles de ses prédécesseurs, ce savant lui-même ne les regarde encore que comme un essai qui attend des perfectionnemens ultérieurs.

Choix, dimensions, positions des pieux et des pilotis.

390. Les pieux ou pilotis doivent, autant qu'il est possible, avoir une forme régulière, c'est-à-dire, être également ronds, de droit fil et sans nœuds excédans. Les équarrissages et les redressemens diminuent singulièrement leur force. On doit ôter l'écorce en entier, et laisser l'aubier dans les parties qui doivent se trouver sous l'eau. L'écorce augmenterait considérablement le frottement sans ajouter rien à la force du bois.

L'aubier, surtout celui de chêne, se conserve et même s'améliore lorsqu'il est continuellement submergé.

391. Les pilotis n'ont pas besoin d'être aussi gros à proportion que les pieux, étant presque toujours enfoncés entièrement dans le terrain et moins exposés, par cette raison, à plier sous le fardeau, et à être usés par le frottement de l'eau et des corps qu'elle charrie.

392. Il y a un certain rapport entre le diamètre et la longueur d'un pilotis pour que l'enfoncement puisse avoir lieu avec avantage. L'expérience a appris que les pilotis de 3 à 4 mètres de longueur devaient avoir 24 centimètres de grosseur.

393. On donne aux pieux 3 décimètres de grosseur au milieu, sur 5 à 6 mèt. de longueur. On augmente communément cette grosseur de 3 centimètres par chaque mètre au-delà de cette première longueur.

394. Lorsque les arbres que l'on a disponibles ne sont pas assez longs pour former les pieux dont on a besoin, on les ente. L'entaille qui les réunit, doit avoir 7 ou 8 décimètres de longueur, et se fait en traçant d'abord sur la tête des pieux quatre portions

d'arcs égaux; on enlève le bois de deux des secteurs opposés: on entaille pareillement l'ente; et, après l'avoir chassée à petits coups de mouton dans le vide des premières entailles, on lie le tout avec une ou deux bonnes frettes de fer. On observe de disposer ces entes des pieux de façon qu'elles puissent être recouvertes par les moises qui doivent embrasser ces pieux.

395. (*a*) Des ingénieurs des ponts et chaussées firent au Havre quelques expériences en grand, d'après lesquelles ils reconnurent qu'un pieu de $0^{\text{mèt.}}$, 24 de diamètre, élevé de $0^{\text{mèt.}}$, 97 au-dessus du terrain dans lequel il était enfoncé, était capable de porter, avant de rompre en s'écrasant, un poids de 54,343 kil.

396. Quoique, d'après un usage généralement reçu, les pieux et les pilotis soient toujours enfoncés par le petit bout, il paraît cependant qu'il y a des cas où il serait plus avantageux de les enfoncer par le gros bout. *Perronet* assure avoir reconnu, d'après des expériences faites avec soin, que des pilotis ferrés et battus le gros bout en bas, comparés avec d'autres de mêmes longueur et grosseur, battus de sens contraire dans le même terrain et avec le même équipage, étaient d'abord entrés avec plus de difficulté, mais toujours assez également, et qu'ils sont parvenus plus tôt d'environ un quart du temps au refus d'un mouton de 255 kil. de pesanteur, à la même profondeur de 6 à 7 mètres.

397. Les pieux et pilotis destinés à une charge verticale doivent être battus perpendiculairement; ceux, au contraire, qui ont à résister à des pressions latérales, doivent être plus ou moins inclinés, suivant les directions de ces pressions.

398. Il y a trois espèces de moutons; les moutons à bras, les sonnettes à tiraudes, et les sonnettes à déclic.

(*a*) Sganzin, *Programmes du Cours de construction.*

Moutons à bras. Pl. XIV, fig. 4 et 5.

399. Les moutons à bras ne sont autre chose qu'un parallélipipède de bois fretté aux deux bouts, et garni d'anses dans son pourtour. Leur poids varie depuis 50 jusqu'à 250 kilogr. Ces moutons, dont on fait un grand usage à Venise, sont presque ignorés en France. Cependant leur très-grande simplicité les rend préférables aux sonnettes lorsque le poids du mouton ne doit point surpasser 250 kil. La dépense de leur construction est très-modique, leur entretien est presque nul; leur transport est aussi prompt que peu embarrassant. Les moteurs les soutiennent immédiatement sans aucun autre intermédiaire que des anses et des verges; ils n'éprouvent donc aucune perte de force, ni par les frottemens, ni par l'obliquité de traction, ni par aucune autre résistance passive; ils peuvent en outre rendre le choc plus vigoureux qu'à l'ordinaire, en ajoutant un certain effort à l'action de la pesanteur. Ce mouton agit dans les endroits les plus resserrés, et où l'on ne pourrait faire usage des sonnettes ordinaires.

Sonnettes à tiraudes. Pl. XIV, fig. 1, 2 et 3.

400. On appelle ainsi celles où le mouton, attaché à un câble, soutenu par une poulie placée au sommet d'un appareil de charpente, est alternativement élevé et abandonné à sa propre pesanteur, au moyen de plusieurs hommes, dont chacun est appliqué à une corde, et ces cordes se réunissent toutes au câble.

401. Le mouton d'une sonnette à tiraude ne doit point peser plus de 600 kil.; passé ce poids, il faut recourir aux sonnettes à déclic que nous décrirons bientôt.

402. Nous distinguerons deux sortes de sonnettes à tiraudes, les sonnettes à nœud et celles à cercle. Les premières, essen-

tiellement défectueuses, mais favorisées par une routine aveugle, sont presque les seules dont on fasse usage. J'ai employé les secondes avec succès dans les travaux qui me furent confiés.

403. En se servant des premières, l'expérience a prouvé que chaque homme soulève 15 à 16 kil. quand le mouton ne pèse que 300 kil.; et n'en soulève que 11 à 12 quand le poids du mouton est de 500 kil. Les hommes appliqués aux secondes soulèvent avec facilité, dans le premier cas, 20 à 21 kil., et dans le second 15 à 17.

404. Les *sonneurs* travaillent moyennement 10 heures par jour, battent dans leur journée 120 volées de trente coups chaque, et élèvent le mouton à une hauteur moyenne de 1$^{\text{mèt.}}$, 3. Chaque volée dure ordinairement trois à quatre minutes, compris les intervalles de repos: le reste du temps est employé au transport, à la mise en fiche du pieu, et au déplacement de la sonnette.

405. On appelle sonnettes à nœud celles où toutes les cordes sur lesquelles les sonneurs agissent, se réunissent en un seul point du câble qui soutient le mouton. Il résulte, de cette disposition vicieuse, que toutes les lignes de traction deviennent plus ou moins obliques, et que les forces transmises par les sonneurs sont décomposées en deux, dont une devient non-seulement inutile, mais encore nuisible, puisqu'elle tend uniquement à ébranler la machine.

406. Dans la sonnette à cercle, représentée fig. 1, 2 et 3 (Pl. XIV), ce défaut est supprimé.

Une grande poulie *a* est placée dans le châssis *b b* supporté par quatre montans, savoir : deux obliques *c c* et deux verticaux *d d*; ces derniers sont contre-butés latéralement par les jambes de force *e e*. Toutes ces pièces sont assemblées dans un assemblage de pièces horizontales *f f g g h l* qui leur sert de base.

407. La disposition des pièces qui composent cet appareil, ont été combinées de manière que le grand cercle *m m* puisse avoir un libre mouvement de descente et d'élévation; et on a cherché, en même temps, de donner à l'appareil la plus grande stabilité possible, sans trop augmenter son volume et sa masse.

408. On distingue clairement dans la figure la disposition des cordes *n n n n* sur le cercle M, et leur réunion au point *p* du câble; lequel, après avoir passé sur la poulie *a*, descend verticalement pour s'attacher au mouton *x*, qui se meut entre les deux montans *d d*, et porte deux chevilles *r r* pour régler sa course et l'empêcher de déverser.

409. La poulie *a* doit être recouverte dans la partie supérieure de sa circonférence par une courbe concentrique *s s* faite d'un bois mince, et retenue aux deux bouts par des taquets à vis *y y*. La courbe concentrique ne doit être éloignée de la poulie que d'un espace suffisant pour ne pas frotter l'une contre l'autre. Le but de cette courbe est d'empêcher les rebondissemens du câble, qui ont toujours lieu toutes les fois qu'on néglige cette précaution indispensable.

410. Cette sonnette, à l'aide de laquelle j'ai fait enfoncer plus de mille pieux, présente non-seulement l'avantage de diminuer la dépense du battage au-delà du quart, comparativement aux sonnettes à nœud; mais encore elle procure une notable économie dans l'entretien de la machine, car le câble qui, au bout de quelques jours de travail, est hors de service dans les sonnettes à nœuds, sert dans celle-ci pendant très-long-temps sans s'altérer.

411. Au devant du châssis *b b*, on suspend un *palan* qui sert à élever et à mettre en fiche le pieu que l'on veut enfoncer.

Sonnettes à déclic.

412. Les sonnettes à déclic donnent la faculté de faire agir un mouton très-pesant par l'action d'un petit nombre d'hommes; on peut dans quelques cas y substituer un cheval et même des moteurs inanimés. *Ferracina*, au pont de Bassano, fit manœuvrer les moutons par le courant même. *Perronet* employa le même moyen au pont de Saint-Maixence, où l'arbre d'une roue à aube a servi à lever deux moutons du poids de 1000 kil. chacun, avec lesquels on a enfoncé des pilotis de 5 mètres dans un terrain de gravier et de tuf.

413. Quoique l'application des moteurs inanimés au mouvement des sonnettes soit en apparence très-avantageuse, l'expérience néanmoins a démontré que rarement elle peut être employée avec utilité, car d'un côté elle exige un mécanisme volumineux, lourd, compliqué, d'une difficile exécution et très-coûteux; et d'un autre côté elle absorbe, par de fréquens déplacemens, longs et embarrassans, une grande partie de la main d'œuvre épargnée; ces déplacemens ne peuvent être effectués qu'à bras d'hommes.

414. En général, on peut affirmer que les moteurs inanimés, si utiles lorsqu'ils agissent sur des machines stables, et dont le travail est à la fois régulier et continu, deviennent désavantageux quand les machines sont destinées à changer fréquemment de position, quand l'effort à exercer est très-variable, et quand le mouvement est souvent suspendu par des interruptions irrégulières.

Sonnettes à crochet. Pl. XV, fig. 4, 5 et 6.

415. Les fig. 4, 5, 6, (Pl. XV) représentent la sonnette dont M. *de Cessart* fit usage au pont de Saumur. On voit que le mouton est élevé au moyen d'un treuil garni d'une roue à cheville,

que ce mouton est suspendu par une espèce de crochet mobile, qu'à la queue de ce crochet est attachée une corde qui sert à dégager le mouton. Le câble de suspension s'enroule sur le treuil, passe sur la grande poulie *b*, et porte à son autre extrémité le crochet du déclic. Le mouton glisse entre deux élindes ou coulisses verticales isolées et placées en avant de l'appareil. Cette sonnette, très-bien combinée, jouit de l'avantage de pouvoir faire varier à volonté la hauteur de la chute. Huit hommes appliqués à la roue à cheville enlevaient en trois tours, avec une grande facilité, un mouton pesant 750 kil., à 2 mètres de hauteur. Alors un manœuvre tirait avec une corde le levier du crochet, et la chute du mouton s'opérait librement sur le pieu. A mesure que le pieu en s'enfonçant éprouvait une plus grande résistance, on augmentait successivement la hauteur de la chute de 2 jusqu'à 3 mètres et demi. Le nombre moyen de coups frappés, dans une journée de travail, avec cette sonnette était de 200.

Sonnette de *Perronet*, mise en action par des chevaux.

416. Cette sonnette, fig. 1, 2, et 3 (Pl. XV), qui a beaucoup de ressemblance avec la précédente, en diffère en ce que la grande roue n'est pas à chevilles; mais elle a des jantes refouillées en gorge de 12 à 14 centimètres pour recevoir plusieurs tours de corde à laquelle deux chevaux étaient attelés. La roue a $3^{mèt.}$, 3 de diamètre, la hauteur de l'appareil est de 11 mètres. Le mouton en fonte pesait 900 kil.

417 Cette sonnette, qui fut employée aux travaux du pont de Neuilly, était servie par quatre hommes, un enrimeur et deux chevaux.

418. Un des quatre ouvriers conduisait les chevaux qui, en parcourant un espace rectiligne perpendiculairement à la base

du treuil, faisaient tourner la roue et monter le mouton ; le second ouvrier suivait les chevaux pour décrocher la corde d'attelage lorsque le mouton était tombé ; le troisième et le dernier étaient occupés à retourner la roue et à renvelopper la corde autour, après la chute du mouton.

419. *Perronet* a reconnu qu'à toute chose égale, cette sonnette, comparée avec une à tiraude et à nœud, produisait une économie de plus de moitié sur les frais de battage; car un pilotis battu avec la sonnette à tiraude revenait pour main d'œuvre à 13 francs 75 cent., tandis qu'un semblable, battu au déclic avec des chevaux, coûtait seulement 5 francs 5 cent.

Sonnette à déclic de M. *Vauvilliers*.

420. La fig. 6 (Pl. XIV) représente non pas la machine entière de M. *Vauvilliers*, mais seulement la partie qui diffère des autres sonnettes. Le treuil *a* sur lequel s'enveloppe la corde du mouton porte sur son axe la roue dentée *b* qui engrène avec le pignon *c*. Des hommes appliqués à la manivelle *d* font tourner le pignon qui communique le mouvement au treuil; ils élèvent le mouton avec peu d'effort, mais avec beaucoup de lenteur. Quand le mouton est arrivé à la hauteur où il doit parvenir, un ouvrier fait mouvoir horizontalement le levier *f f*, lequel a son centre de rotation en *h*. Ce levier agit sur l'axe du pignon, il l'entraîne dans son mouvement et désengrène la roue, qui, se trouvant libre, permet au treuil de se mouvoir en sens contraire et de ne porter aucun empêchement à la chute du mouton. Lorsque le mouton a produit sa percussion, on fait engrener de nouveau le pignon et la roue par l'action du levier *f f*; on tourne la manivelle et on fait monter le mouton, qu'on lâche ensuite et qu'on remonte autant de fois qu'il le faut.

421. Ce déclic est simple et peu embarrassant; cinq ou six

hommes suffisent pour le manœuvrer, lorsque le mouton ne pèse que trois à quatre cents kilogrammes. Mais son effet final est moins avantageux que celui des sonnettes à tiraudes et à cercle, que nous avons décrites précédemment.

422. Il existe un très-grand nombre d'autres sonnettes à déclic; les collections de modèles et les recueils de machines en sont encombrés. Il n'y a peut-être aucune autre espèce de machines sur laquelle les mécaniciens empiriques aient plus fréquemment exercé leur inepte fécondité.

Arrachement des pieux.

423. Cette opération exige souvent des efforts très-vigoureux; on l'effectue ordinairement au moyen d'un grand et fort levier combiné avec des palans ou bien combiné avec un treuil. On peut voir, dans Bélidor et dans le Traité de Charpenterie de M. Krafft, des arrache-pieux construits d'après le principe que nous venons d'énoncer. Mais ces sortes de machines sont trop volumineuses et trop lourdes pour l'objet auquel on les destine, et elles ont le grave inconvénient d'occasioner souvent de funestes accidens lorsque les cordages se rompent par un excès d'effort.

424. La méthode représentée fig. 2 (Pl. XI), est moins embarrassante, et surtout moins dangereuse; elle consiste dans la combinaison de deux moulinets ou treuils horizontaux. Le câble du moulinet *a* agit immédiatement sur le pieux, et il doit être plus fort que celui du second moulinet *b* qui agit sur les leviers du premier et qui a conséquemment un moindre effort à exercer.

425. De toutes les méthodes usitées, la plus simple, la plus sûre et la plus expéditive, est celle du treuil à deux parties, représenté fig. 8 et 9 (Pl. XI). Ce treuil a, comme on le sait,

la propriété de diminuer, avec la plus grande simplicité, l'effort à exercer, par le ralentissement de l'action ; il produit sans complication l'effet que l'on n'obtient ordinairement que par des appareils très-volumineux.

426. Cette propriété réside dans la différence des diamètres des deux parties du treuil ; moins cette différence est grande, plus l'action est ralentie, et conséquemment plus l'effort à exercer pour produire un effet vigoureux est petit.

Une corde, après avoir enveloppé le petit cylindre *a*, passe sur une poulie mobile *b*, et remonte pour s'envelopper en sens contraire sur le grand cylindre, de sorte que si on fait tourner les leviers *c c*, la poulie remontera avec une très-grande lenteur, et sa marche, comparée à celle de la puissance qui agit à l'extrémité des leviers susdits, est comme la demi-différence des rayons des deux parties du treuil, au rayon de la circonférence que décrit le point du levier où la puissance est appliquée.

427. Les fig. 8 et 9 indiquent clairement la construction de cet arrache-pieux, et démontrent son extrême simplicité. Lorsque l'on veut en faire usage, on environne d'abord avec une forte chaîne le pieu que l'on veut extraire ; on introduit le croc de la poulie mobile dans un anneau de cette chaîne, et l'on fait tourner le treuil. Il faut qu'il fasse plusieurs tours avant que la corde n'ait acquit le degré de tension nécessaire. Lorsque l'on est parvenu à élever le pieu d'une certaine quantité, on détend la corde en faisant tourner le treuil en sens contraire, on abaisse l'entourage de chaînes et on vire de nouveau.

428. On doit remarquer que la résistance que le pieux oppose à son extraction diminue progressivement et avec rapidité, de sorte que, lorsqu'on est parvenu à l'élever d'un mètre environ, ordinairement l'effort à exercer devient léger, et il suffit

alors d'employer le treuil comme simple moulinet. On l'emploie de cette manière en faisant envelopper les deux branches de la corde dans le même sens.

CHAPITRE V.

Recépage des pieux.

429. Receper un pieux sous l'eau, c'est en retrancher une partie à une profondeur plus ou moins grande.

430. On recèpe des pieux pour débarrasser un canal, une rivière, un port, lorsqu'il y en a qui nuisent à la navigation; on recèpe aussi des pieux battus expressément dans un lieu aquatique pour supporter les fondations des piles d'un pont, ou bien d'un autre édifice quelconque. Dans le premier cas, le recépage n'exige point une grande précision ni une régularité parfaite. Dans le second cas, au contraire, il faut indispensablement que toutes les têtes des pieux que l'on coupe soient planes, de niveau, et que toutes coïncident exactement dans un même plan horizontal; car ces pieux sont alors destinés à servir de supports à un châssis ou à une plate-forme, et il est essentiel que tous la soutiennent également.

431. Nous appellerons recépage simple celui qui se rapporte au premier cas énoncé, et recépage de niveau celui du second.

Recépage simple.

432. Le recépage simple s'effectue au moyen d'un grand ciseau représenté fig. 4 (Pl. XVI). Ce ciseau ne diffère des ciseaux ordinaires que par ses grandes dimensions. Il y en a dont le manche a sept ou huit mètres de longueur. On doit ob-

server qu'un anneau *a* est adapté au-dessus du tranchant; une corde *b b* est attachée à cet anneau, nous en expliquerons bientôt l'usage. L'extrémité supérieure du manche doit être armée d'une bonne frette.

433. Pour le service du grand ciseau à recéper, il faut avoir une barque ou un radeau que l'on conduit au-dessus de l'emplacement des pieux, et que l'on arrête fixement dans cette situation par des *amarres*. Le ciseau est ordinairement manœuvré par cinq ouvriers, l'un desquels dirige l'opération; il détermine l'endroit de la coupure, il applique le ciseau et il fixe l'inclinaison du manche. Les quatre autres frappent sur l'extrémité du manche avec un mouton à anses, semblable à celui représenté fig. 4, (Pl. XIV).

434. L'ouvrier-directeur se sert de la corde *b b* pour fixer le taillant du ciseau à la profondeur convenable; à cet effet, la longueur de la corde est marquée de distance en distance par des nœuds, ou bien le manche est gradué. Lorsque le ciseau est fixé, on lie le bout de la corde au bateau ou au radeau, et l'ouvrier soulève plus ou moins l'extrémité du manche avec ses épaules, pour lui donner l'inclinaison nécessaire.

435. On peut, par cette manœuvre, couper de forts pieux à la profondeur de cinq à six mètres. A cette profondeur, des ouvriers bien exercés en peuvent couper un par heure.

Recépage de niveau.

436. Ce recépage exige des machines susceptibles d'une plus grande précision. On en distingue de deux espèces: les scies à coulottes; et les scies à montans mobiles.

Scie à coulottes.

437. Cette scie, représentée fig. 1 (Pl. XI), est la plus simple de toutes celles de cette espèce. Elle est composée d'un châssis

formé par trois pièces 1 1 1 de 12 centimètres d'équarrissage, assemblées par des traverses 2 2; et d'un châssis vertical formé par deux montans 3 3 de 14 centimètres d'équarrissage, entaillés à la rencontre des traverses horizontales, et assemblés avec elles par le moyen d'une chantignole serrée par des boulons. Au pied de ces montans est placée la lame de scie 5; ils sont entretenus au milieu par la pièce de fer coudée 6, et réunis au sommet par le boulon 7. Ce boulon passe à chaque extrémité dans des écrous taraudés chacun dans un sens différent, de sorte qu'en le tournant il tend à rapprocher également chaque montant, et fait bander la lame de scie. Le mouvement est donné à la machine par des manœuvres qui saisissent avec les mains les bâtons 8 8, et qui les tirent et poussent horizontalement dans le sens 1 1. Un ouvrier placé sur l'échafaud dirige le travail, et, tendant convenablement le cordage 9, détermine la scie à mordre sur le pieu.

438. La machine porte, par le moyen des traverses 1 1, sur des coulottes en bois, fixées sur l'échafaud, sur lesquelles elle peut glisser. On a employé, à la fondation du pont de Choisy, des scies à coulottes. La distance entre le plan du recépage et le dessous des traverses était de $1^{mèt.}$,8. Elles étaient manœuvrées par six journaliers conduits par un charpentier, qui mettaient environ 25 minutes à scier une pièce de 32 à 35 centimètres de diamètre, et en coupaient ordinairement 22 par journée de dix heures, le reste du temps étant employé au déplacement de la machine et de l'échafaud.

439. Des scies à peu près semblables furent employées dans la fondation du pont des Invalides; elles recépèrent des pieux à $2^{mèt.}$, 7 au-dessous de la surface des coulottes.

440. Ces scies coupent les pieux avec la plus parfaite exactitude lorsque les coulottes sur lesquelles on les fait glisser ont été

disposées de manière à ce que le dessous des traverses 1 1 reste constamment dans le même plan horizontal; mais les montans ne peuvent guère avoir plus de 2$^{mèt.}$, 5 ou 3 mètres de longueur au-dessus des traverses 1 1, et quand on veut couper les pieux à une plus grande profondeur, il faut recourir à d'autres moyens.

Scies à châssis.

441. On a inventé plusieurs sortes de scies à châssis, mais la plupart sont défectueuses, ou parce qu'elles manquent de la précision qui leur est indispensable, ou parce qu'elles sont trop embarrassantes dans leur usage, et trop compliquées dans leur construction.

Parmi les scies à châssis, on en distingue deux qui ont été employées avec succès dans de grandes opérations. C'est, 1°. la scie qui servit à la construction du pont de Westminster, dont *Labelly* nous a transmis la description; 2°. la scie de M. *de Cessart*, qui recépa les pilotis sur lesquels sont fondés plusieurs ponts de France, et entre autres celui du Louvre à Paris.

Scie employée en 1740 à la fondation du pont de Westminster.

442. (*a*) Chaque pile du pont de Westminster a été fondée par le moyen de caissons dont le fond était un fort grillage de charpente garni de planches; et les côtés construits de manière à pouvoir s'enlever après que la pile fut achevée. Dans le lit de la rivière on a dragué à une profondeur suffisante le fond que l'on a établi de niveau pour y échouer le caisson.

Ce caisson était garanti extérieurement par une file de pieux

---

(*a*) Lesage, *Recueil de mémoires des Ponts et Chaussées*, 1810.

en bois de sapin, de $0^{mèt.}, 35$, $0^{mèt.}, 38$ et $0^{mèt.}, 41$ d'équarrissage, espacés entre eux à $2^{mèt.}, 27$ de distance, et à $9^{mèt.}, 75$ parallèlement du pourtour du caisson, afin de le préserver de l'approche des barques et autres grands bâtimens; ce sont ces pieux qui avaient été battus avec un mouton du poids de 1700 livres, qui ont été sciés ensuite à $4^{mèt.}, 22$ et $4^{mèt.}, 55$ sous la ligne d'eau.

443. Presque toutes les parties qui composent la scie dont on fit usage et qui est représentée fig. 1, 2 et 3 (Pl. XVI), étaient en fer forgé; le centre de gravité passait par l'anneau A, placé au milieu de la traverse de la partie supérieure qui lie les deux montans, et qui sert, au moyen d'un palan, à enlever tout le système, afin de pouvoir faire passer le collet inférieur par la tête du pieu que l'on veut scier. Ces deux montans sont soutenus, dans leur milieu, par six contre-fiches coudées par le bas.

444. La lame de la scie est fixée à ses extrémités par deux vis à écrou à un châssis mobile, composé de trois tringles parallèles, dont une coudée dans son milieu; les quatre branches passent librement dans des trous carrés, et se meuvent horizontalement sur quatre petits rouleaux en cuivre pour en diminuer le frottement.

Ce châssis mobile est retenu à ses extrémités par deux espèces d'entretoises auxquelles sont fixées quatre poulies verticales en cuivre, recreusées pour recevoir les cordes qui coulent le long des gorges du grand châssis inférieur, adhérant aux quatre montans, qui servent de support.

Les cordes passent sur les deux poulies fixées aux entretoises du milieu, et ensuite sur deux autres poulies placées à l'extrémité supérieure des deux grands montans, et vont se réunir à l'anneau du contre-poids qui tend à faire avancer la

scie par une pression égale et uniforme à mesure qu'elle entre dans le pieu.

445. Aux extrémités inférieures du châssis principal sont deux grands rouleaux en bois, tournant sur leur axe, et sur lesquels passent les cordes qui servent à faire manœuvrer la scie, dont le mouvement de va-et-vient est imprimé par deux hommes placés au-dessus de l'eau sur un échafaud ou espèce de radeau de service.

Tout le système de la scie est fortement fixé au pieu que l'on veut recéper, au moyen de deux forts collets, l'un placé dans la partie supérieure des montans avec des écrous, et l'autre dans la partie inférieure au moyen d'un long levier qui presse le pieu contre le collet.

Le sciage d'un des pieux qui étaient en bois de sapin, durait ordinairement près de deux minutes.

446.—A, anneau servant à élever la machine pour faire passer la tête du pieu dans le collet inférieur. — B B, C C montans. — D; collets dans lesquels passe la tête du pieu. — E E E, contre-fiches coudées par le bas et soutenant les montans dans leur milieu. — F G H I, châssis mobile auquel la scie *a b* est fixée par deux vis à écrou. — K K K, branches du châssis qui se meuvent librement dans des trous carrés et sur quatre petits rouleaux en cuivre. — N N, cordes fixées en C, passant en même temps sur les poulies des entretoises, et sur les quatre autres poulies *d e f g;* elles servent à retenir le contre-poids P, qui, par son action, fait presser d'une manière égale et uniforme la scie à mesure qu'elle entre dans le pieu. — O O, Q Q, rouleaux en bois, tournant sur leur axe et sur lesquels glissent les cordes *h k* qui servent à faire mouvoir la scie. — R S, levier dont le point d'appui est en L, et dont l'extrémité *m* presse le pieu contre le collet inférieur. — T U, autre levier plus petit

dont le point d'appui est en T, et qui sert à maintenir le premier dans la position qu'on lui a donnée.

Scie à recéper les pieux de M. de *Cessart*. Pl. XVII.

447. Cette machine, destinée à scier les pieux à 3, 4, 5 mètres de profondeur, coûte, suivant le devis inséré dans les Œuvres de M. *de Cessart*, 2200 francs; elle contient 1000 kilogr. de fer, et 32 kilogr. de cuivre. Le poids de la machine, de l'échafaud mobile sur lequel elle est placée, de cinq ouvriers pour la manœuvrer, est d'environ 6000 kilogr.; en 12 minutes elle peut couper un pieu de 3 décimètres de diamètre; son travail moyen peut être évalué au recépage de 18 pieux par jour. Cette machine est, comme on le voit, placée sur le chariot roulant *a a*; elle est suspendue à quatre branches verticales à crémaillère *b b b b*, dont chacune correspond à un cric *c c c c*. Un châssis en fer M M M M sert de base à la machine, qu'on a soin, quand on le peut, d'appuyer sur les têtes des pieux recépés pour éviter l'oscillation qui a lieu toutes les fois que la machine n'est supportée que par les quatre branches *b b b b*. Sur ce châssis *fondamental* repose un autre châssis *p p p p* auquel sont adaptées, 1°. la lame de scie *x*; 2.° une bascule *y y y y* sur laquelle agissent les hommes qui veulent imprimer un mouvement alternatif horizontal à la scie; 3°. deux roues dentées *d d* qui engrènent l'une dans l'autre, et chacune avec les crémaillère *q q*; une de ces roues est armée d'une tige verticale *o o* terminée par un bras de levier *r*, au-dessus de l'échafaud mobile; cet engrenage sert à faire avancer la lame à mesure que le sciage avance; 4°. deux griffes *z z* surmontées chacune d'une tige à levier *f f*; ces griffes embrassent et serrent fortement le pieu à scier.

448. Pour mettre en action cette machine, on descend d'a-

bord parallèlement, et d'une même quantité, les quatre branches ou montans *b b b b*, au moyen des crics *c c c c* qui y correspondent : lorsque le châssis est arrivé à la profondeur convenable, on fait avancer le chariot roulant *a a* jusqu'à ce que la lame puisse toucher le pieu à recéper ; alors un ouvrier tourne les leviers *f f* des griffes *z z*, qui, par ce mouvement, serrent fortement le pieu et fixent la machine. La machine étant ainsi disposée, quatre manœuvres poussent et tirent alternativement les branches *h h* de la bascule *y y y y*, qui est composée de plusieurs branches mobiles aux points 1, 2, 3, 4 et 5, et qui fait mouvoir la barre horizontale *k k*, placée dans une coulisse *g g* qui dirige son mouvement ; c'est sur cette barre que sont fixées les deux branches 8 8 du châssis mobile ; elles ont leurs points de rotation en 9 9, et ces points de rotation sont eux-mêmes mobiles dans les rainures 10 10 ; d'autres rainures 11 11 12 12, laissent aux pièces qui soutiennent la lame de la scie la faculté d'avoir tous les mouvemens dépendans de celui de cette lame.

449. L'ouvrier qui dirige l'opération du sciage saisit le bras de levier *r*, et, en pressant dessus, il fait avancer progressivement la lame de la scie à mesure que le sciage s'opère.

450. Quoique cette machine produise avec une grande précision le recépage des pieux à un même niveau, on ne peut dissimuler que son utilité ne soit considérablement diminuée par la difficulté de sa construction, et par la dépense considérable qu'elle exige. Il me paraît que la machine qui fut employée au pont de Westminster, est dans plusieurs cas préférable par sa simplicité.

LIVRE TROISIÈME.

Machines militaires.

451. Nous désignerons par le nom de machines militaires, 1°. les armes, soit offensives, soit défensives, qui, par leur poids, leur volume et leur complication, sortent de la catégorie des armes proprement dites; 2°. les machines qui servent en général à la fabrication des armes et des objets qui leur sont relatifs.

452. Les anciens avaient une multitude *d'armes-machines*, qu'ils employaient dans l'attaque et la défense des places, et dans les batailles, en guise d'artillerie. L'invention de la poudre a métamorphosé toutes ces machines, aussi variées que nombreuses, en simples tubes métalliques, qui ne se distinguent entre eux que par les proportions, et dont l'unique objet est de diriger la foudroyante impulsion de la poudre qu'on y place, et d'en multiplier les forces en les concentrant.

453. Nous examinerons dans le premier chapitre les *armes-machines* antiques par elles-mêmes, c'est-à-dire sous le simple point de vue de leur structure. Dans les trois chapitres suivans, nous nous occuperons des armes modernes; mais sous le rapport de leur fabrication, qui me paraît être le seul qui doive intéresser les mécaniciens; car les dimensions et les formes des armes sont maintenant déterminées d'une manière à peu près invariable; et cette détermination, fruit d'une longue expérience, ne doit recevoir d'altération que par l'expérience même. Il n'en est pas ainsi des procédés de fabrication; ils sont tous susceptibles de changemens et d'améliorations; et c'est pour mettre sur la voie

des perfectionnemens utiles, que nous avons réuni, sur cet objet important, les indications qui nous ont paru les plus dignes de remarques.

CHAPITRE PREMIER.

Machines militaires des anciens.

454. Quoique la connaissance des machines militaires des anciens puisse être regardée comme un objet de pure érudition, ce serait une erreur de la croire dénuée d'une utilité réelle. Elle facilite singulièrement l'intelligence des historiens classiques; elle peut parfois faire naître des idées heureuses, des applications inattendues; et on ne doit point ignorer que de célèbres ingénieurs ont cru que l'emploi de la catapulte, dans l'attaque et la défense des places, pourrait être, dans certains cas, d'un plus grand effet que celui de notre artillerie actuelle.

455. Les anciens faisaient usage de quatre espèces de machines; les unes, appelées *catapultes*, *scorpions*, *balistes*, lançaient des projectiles; d'autres, nommées *beliers*, ébranlaient les murailles par des chocs violens; d'autres, désignées par le nom de *corbeaux*, étaient employées par les assiégés pour saisir et enlever les machines ennemies, et spécialement les beliers, au moment même de leur action; les dernières enfin étaient d'énormes tours mobiles que l'on faisait approcher des murs, soit pour battre en brèche au moyen d'un belier qui y était adapté, soit pour monter à l'assaut en abaissant un pont-levis qui faisait partie de ces tours.

Catapulte, Scorpion, Baliste.

456. La catapulte était une machine qui lançait des pierres et autres masses pesantes et volumineuses. La force de cette

machine était prodigieuse; le chevalier Folard en fit construire une qui n'avait que dix pouces de longueur sur treize de largeur, et qui lançait une balle de plomb d'une livre à 233 toises.

D'après le témoignage de *Plutarque* et de *Polybe*, il paraît qu'*Archimède* employa à la défense de Syracuse des catapultes qui lançaient des rochers et des masses de plomb du poids de près d'un millier. *Tacite*, en parlant de la bataile de Bédriac entre les armées de Vitellius et de Vespasien, dit : « Il y avait une machine entre les autres, d'une grandeur démesurée, qui jetait de gros quartiers de pierre dont elle renversait les bataillons. » *César* rapporte qu'au siége d'Ategna on renversa une tour au moyen d'une de ces machines. *Joseph* parle de l'effet des catapultes de Tite au siége de Jérusalem, et dit : « Les machines de la seconde légion étaient les plus redoutables; les pierres qu'elles poussaient étaient plus grosses que celles des autres, et allaient si loin qu'elles renversaient non-seulement ceux qui faisaient les sorties, mais allaient tuer, jusque sur les murs et les remparts, ceux qui étaient ordonnés pour les défendre. Les plus petites de ces pierres pesaient au moins un talent (80 livres); leur portée était au moins de deux stades et davantage, et leur force si grande, qu'après avoir renversé ceux qui se rencontraient dans les premiers rangs, elles en tuaient encore d'autres derrière eux. Mais souvent les Juifs les évitaient, tant parce que leur bruit et leur blancheur donnaient moyen de s'y préparer, qu'à cause qu'ils avaient disposé des gens sur des tours, qui, aussitôt que l'on commençait à faire jouer les machines, les avertissaient. Au signal donné, ils se jetaient par terre et les pierres passaient. » Ces citations, et un grand nombre d'autres qu'il serait facile d'accumuler, prouvent que l'effet des catapultes était supérieur à celui de nos plus fortes pièces d'artillerie. Les

anciens disposaient ces machines en batterie, et en traînaient un grand nombre à la suite de leurs armées.

457. Parmi les diverses figures de catapultes, qui ont été données par les auteurs modernes, nous adopterons celle du chevalier *Folard*, parce qu'elle est entièrement conforme au texte de *Vitruve* et d'*Ammien Marcelin*, et que sa construction, très-bien combinée, est telle que les principes de mécanique l'exigent, pour produire les effets merveilleux que les historiens lui attribuent.

458. — A A A A, fig. 3 (Pl. XVIII), est une espèce d'affût dont les montans sont percés de deux trous aux points BB. Deux roues dentées *y*, adaptées à la partie extérieure de ces trous, ont la forme indiquée fig. 5, où l'on voit qu'elles ont dans le milieu une forte traverse *a*. Une corde bien tendue passe plusieurs fois de la traverse d'une roue à celle de l'autre, et forme ainsi plusieurs tours au centre desquels on insère le manche de la cuillère *c c*. Des pignons *x* engrènent avec les roues *y*, de manière qu'en les faisant tourner au moyen d'une manivelle, on fait aussi tourner les roues, et les tours de corde qui y sont enveloppés sont forcés de se replier en spirale les uns au-dessus des autres, de la même manière que la corde d'une scie mue par sa clavette. Lorsqu'on a donné à ces tours de corde une torsion suffisante, l'on arrête les pignons et les roues au moyen de *cliquets*; puis le treuil *r* sert à abaisser le manche de la cuillère *c c* et à le rendre horizontal; on l'arrête dans cette situation au moyen d'une détente; on place dans la cuillère le projectile qu'on veut lancer, et, à un commandement donné, on frappe la détente avec un maillet; la cuillère obéit alors à l'énorme force d'élasticité qui agit sur elle, remonte et se décharge avec impétuosité. Dans cette décharge, elle donne un choc violent au chapeau F; pour amortir ce choc, qui pourrait

détraquer la machine, on y place un coussin de cuir rembourré de paille hachée. Le manche de la cuillère serait sujet à se rompre fréquemment, s'il n'était environné d'une corde goudronnée fortement serrée.

459. Les machines appelées par les anciens *tormentum*, *onager*, n'étaient que des variétés de catapulte et servaient également à lancer des pierres. Suivant *Vitruve*, les cordes employées dans ces sortes de machines étaient faites de cheveux de femmes ou bien de boyaux. Toutes n'étaient pas bandées de la même manière; il y en avait qu'on bandait avec un moulinet et des leviers, d'autres avec des moufles, d'autres avec des vindas, et d'autres enfin avec des roues dentées; lorsque l'on se sert de ce dernier moyen, qui est celui indiqué dans la fig. 3, il faut que l'on entortille et qu'on bande les tours de corde également des deux côtés.

460. La baliste différait de la catapulte, en ce qu'elle n'était destinée qu'à lancer des traits qui souvent étaient d'une longueur et d'un poids surprenant fig. 4 (Pl. XVIII). La baliste avait la forme d'un arc brisé, elle avait deux bras. On peut la regarder comme une énorme arbalète, mais elle n'était point construite d'après le même principe; dans l'arbalète, la force élastique réside dans la courbure de l'arc qui est d'une seule pièce; dans la baliste, la force élastique est produite de la même manière que dans la catapulte, par des cordes entortillées entre lesquelles les deux bras sont insérés non verticalement, ainsi que le manche de la catapulte, mais horizontalement. A l'extrémité des deux bras *a a* était attaché un fort câble *b*. Les cordes entortillées *c c* recevaient leur torsion au moyen de deux engrenages *d d* disposés comme ceux de la catapulte.

461. Quand la machine était en repos, les deux bras *a a*

s'appuyaient aux points *m m*. On chargeait en tirant le câble *b* au moyen du treuil *y* et de la griffe *x*; une détente arrêtait la corde à un point donné. On plaçait dans la coulisse *r r* les dards qu'on voulait lancer; et, à un commandement donné, on faisait partir le coup, en frappant avec un maillet sur la détente. On voit dans les bas reliefs de la colonne trajane deux balistes en batterie qui sont à peu près semblables à celle que nous venons de décrire.

La force impulsive de ces machines est réellement surprenante. *Montfaucon* possédait un petit modèle de cinq pouces de longueur, dont le trait perçait le but à 80 pas. *Folard* en avait une qui n'avait qu'un pied en tous sens, qui lançait le trait avec une telle véhémence qu'il s'enfonçait dans la pierre de taille la plus dure, et dont la portée était de plus de 260 pas. César rapporte qu'au siége de Marseille, les assiégés lançaient du haut de leurs murailles des poutres de douze pieds de long, armées par le bout d'une pointe de fer qui perçait quatre rangs de claies et s'enfonçaient encore dans la terre. La machine nommée par les anciens, *scorpion*, n'était autre chose qu'une sorte de baliste.

462. En réfléchissant à l'énorme force impulsive que l'on obtenait dans les catapultes et les balistes des anciens par la torsion d'un simple *écheveau* de corde, on est étonné que les arts n'aient pas su tirer parti de cette force vigoureuse, et qu'on obtient avec des moyens simples et économiques. En effet, ne pourrait-on pas, par cette méthode, produire avec de petites masses, des percussions d'une très-grande force? Ne pourrait-on pas construire, sur ce principe, des machines à enfoncer les pieux, qui, très-portatives, peu volumineuses et peu coûteuses, remplaceraient avec avantage, dans plusieurs cas, les sonnettes à mouton que nous avons décrites, et qui sont toujours

embarrassantes, d'une manœuvre pénible, et dont la construction et l'entretien sont également coûteux. Je livre cette idée aux ingénieurs comme un embryon non développé, comme un aperçu qui doit être éprouvé par l'expérience.

Beliers. Pl. XVIII, fig. 1 et 2.

463. Les anciens se servaient de deux sortes de beliers, le *belier suspendu* et le *belier à rouleaux*. L'un et l'autre étaient composés d'une très-forte poutre, armée, à son extrémité, d'une masse de fer qui avait ordinairement la forme d'une tête de belier : on donnait à cette poutre un mouvement oscillatoire dans un plan horizontal, et on produisait par son moyen des chocs violens qui ébranlaient les murailles contre lesquelles on dirigeait cette machine.

464. Le belier suspendu (fig. 1) était assez semblable à un mât de navire. Sa figure devait être celle d'un ellipsoïde tronqué aux deux extrémités. Le bout était armé d'une tête de fer fondu, garnie de quatre bandes de fer, au moyen desquelles il était enchassé dans le bois ; un câble, attaché à chacune de ces bandes, suivait le long de la poutre *belière*, à l'extrémité de laquelle ils étaient fortement liés ensemble, et servaient d'attache à un certain nombre de cordes, sur lesquelles agissaient les hommes qui voulaient faire mouvoir le belier. Des ligatures étaient distribuées régulièrement le long de la poutre, et lui donnaient la force nécessaire pour résister sans se fendre aux commotions que les chocs devaient produire. Cette poutre était suspendue en équilibre par une chaîne, ou de gros câbles, à un appareil de charpente mobile.

465. Cette charpente était revêtue d'un tissu d'osier vert, enduit de terre grasse, sur lequel on étendait des espèces de matelas doublés de peaux fraîchement écorchées et remplies

de mousse ou d'herbe marine; le tout trempé dans du vinaigre. Le toit qui recouvrait tout cet appareil était revêtu de madriers surmontés de claies enduites de mortier ou d'argile pétrie avec du crin et de la bourre. On avait soin d'arroser souvent les dehors de la machine de vinaigre, pour prévenir l'action des corps enflammés que les assiégés lançaient continuellement. On faisait d'abord avancer la machine placée sur des rouleaux; on traînait ensuite le belier, que l'on suspendait après avoir couvert de peaux fraîches la partie de la poutre qui portait hors de la charpente.

466. *Plutarque* parle d'un belier dont *Antoine* fit usage dans la guerre contre les Parthes. Il avait quatre-vingts pieds de longueur. *Appien* dit qu'au siége de Carthage on vit deux beliers si colossaux, qu'il fallut six mille hommes pour les construire, et une multitude de mariniers pour les manœuvrer.

467. Le belier non-suspendu (fig. 2) était placé sur une chaîne de rouleaux liés les uns aux autres, et mobiles le long d'une coulisse. Lorsqu'on tirait cette chaîne de rouleaux dans un sens, le belier sortait de sa *tortue;* et, quand on agissait en sens contraire, il rentrait.

Corbeaux.

468. Les *corbeaux* étaient des machines dont les anciens se servaient pour saisir et enlever les machines ennemies. Il y en avait de plusieurs sortes. Les uns servaient dans les siéges, d'autres étaient employés dans les combats sur mer. Les plus célèbres de tous les *corbeaux* dont l'histoire fasse mention, sont ceux qu'*Archimède* mit en action dans la défense de Syracuse. *Plutarque* dit que *Marcellus* ayant fait avancer ses galères sous les murailles de la ville, *Archimède* dirigea contre elles « de

grandes machines qui, avançant et abaissant tout d'un coup sur les galères de grosses poutres d'où pendaient des antennes armées de crocs, les cramponnaient, et, les enlevant ensuite par la force des contre-poids, les lâchaient tout d'un coup, et les abîmaient; ou, après les avoir enlevées par la proue avec des griffes de fer, et les avoir dressées sur la poupe, elles les plongeaient dans la mer, ou, enfin, elles les ramenaient vers la terre avec des cordages et des crocs; et, après les avoir fait pirouetter long-temps, elles les brisaient et les fracassaient contre les pointes des rochers qui s'avançaient de dessous les murailles, et écrasaient ainsi tous ceux qui étaient dessus. A tout moment des galères enlevées et suspendues en l'air tournaient avec rapidité, présentaient un spectacle affreux; et, après que tous les hommes qui les montaient étaient dispersés par la violence du mouvement, et jetés fort loin comme avec des frondes, elles allaient se briser contre les murailles, où, les engins venant à lâcher prise, elles retombaient et s'abîmaient dans la mer. »

469. En méditant attentivement ce passage de *Plutarque*, on reconnaît que les effets étonnans qui y sont décrits n'ont pu être produits que par un énorme levier suspendu en équilibre à un appareil de charpente comme le belier (464). A ce levier devait être attaché, du côté de la ville, un contre-poids d'une pesanteur proportionnée à celle du corps que l'on voulait enlever. Ce contre-poids, soutenu par un grand nombre de cordes, ne pouvait exercer son action sur le levier que lorsque les cordes auraient été lâchées. A l'autre extrémité du levier, divers cordages, correspondant à des poulies de renvoi, soutenaient un appareil armé de crocs au moyen duquel on cramponnait le vaisseau lorsqu'il était assez près du mur pour être saisi. Aussitôt cramponné, on lâchait subitement les cordes du contre-poids, qui, en tombant, faisait décrire des arcs de cercle aux

extrémités du grand levier, lequel, dans ce mouvement, entraînait le vaisseau avec violence, et le soulevait.

470. Quoique la description que nous venons de donner des fameux corbeaux d'*Archimède*, soit purement hypothétique, elle me paraît cependant très-probable. L'emploi du contre-poids me semble évident ; car il est certain qu'aucune des forces mouvantes connues ne peut immédiatement, et par elle-même, produire des effets aussi vigoureux et en même temps aussi prompts que ceux que le récit de *Plutarque* suppose : d'ailleurs on conçoit aisément qu'il n'est nullement difficile de former et de suspendre un contre-poids, quelque énorme qu'il soit, et qu'il est également facile de disposer les cordages de suspension de telle manière, qu'à un commandement donné on puisse le lâcher subitement. Le contre-poids rend faisable ce qui aurait été absolument impossible par d'autres méthodes ; cependant ce moyen, si simple et si conforme aux principes de mécanique, n'a pas été compris par des commentateurs et des antiquaires que j'ai pu consulter ; et le chevalier *Folard*, qui a donné de grandes preuves de sagacité dans l'interprétation des autres machines anciennes, me paraît avoir échoué dans celles des *corbeaux* d'*Archimède ;* car il suppose que la manœuvre de ces *corbeaux* était faite par des hommes qui agissaient immédiatement sur des guindages dont l'action était favorisée par la différence de longueur des deux bras du grand levier. Cette hypothèse est absolument inadmissible, et on est surpris qu'un savant aussi éclairé ait pu supposer qu'il fût possible d'appliquer à des guindages un nombre d'hommes suffisant pour soulever un poids aussi énorme que celui d'une galère.

471. Un des corbeaux les plus remarquables était celui dont les Romains se servaient dans les combats sur mer. C'était une sorte de grue tournante, placée à la proue de leur navire ; elle

était à peu près semblable à celle employée maintenant dans la construction des grands édifices. Au bout du *rancher*, ou levier incliné de cette grue, était suspendu par des chaînes un cône de fer fondu, très-pesant et garni de crochets plians. Aussitôt qu'on pouvait approcher d'un bâtiment ennemi, on laissait tomber ce cône avec véhémence. Cette lourde masse perçait le pont; en le traversant, les crochets rentraient dans le corps du cône, et ressortaient en s'ouvrant d'eux-mêmes aussitôt que le cône avait entièrement traversé le pont.

472. Le vaisseau étant ainsi harponné, on abaissait un pont au bout duquel il y avait des griffes de fer pour accrocher le bordage, et on avait un passage facile pour venir attaquer l'ennemi dans son propre navire.

473. On suspendait aussi, à un des bouts des vergues, une masse très-pesante qui, en tombant par sa propre gravité sur les vaisseaux ennemis, les perçaient souvent depuis le pont jusqu'au fond de cale. On désignait ces sortes de masses suspendues par le nom de *dauphin*.

474. Le *corbeau démolisseur* était un grapin adapté à l'extrémité d'une espèce de *belier suspendu*. On le poussait contre les créneaux des murailles pour les accrocher et les tirer à bas. *Végèce* appelle ce corbeau *lupum harpagonem*. *César* dit que les Romains en firent usage au siége de Bourges, et que les Gaulois assiégés détournaient ces crocs, avec lesquels on tirait à bas les débris de la muraille, et qu'après les avoir accrochés, ils les enlevaient en haut avec des machines. Ces machines nommées *loups-à-tenaille* n'étaient autre chose que des grues tournantes, auxquelles on suspendait une tenaille en forme de ciseau, qui saisissait le manche des beliers et des corbeaux *démolisseurs* que les assiégés enlevaient aussitôt.

475. *Thucydide* rapporte qu'au siége de Platée les assiégés

usaient de l'artifice suivant : « Ils attachaient par les deux bouts une grosse poutre avec des chaînes de fer qui tenaient de part et d'autre à de longues pièces de bois, lesquelles penchaient sur la muraille ; et, quand le belier venait à jouer, ils levaient cette poutre en l'air, et la laissaient tomber de travers sur la tête du belier, ce qui le rendait sans effet. »

476. « Au siége d'Ambracie, les assiégés, dit *Tite-Live*, rendirent bientôt inutiles et sans effet les beliers, par le moyen de leurs corbeaux à bascule, au bout desquels ils suspendirent de grosses masses de plomb, ou de gros quartiers de pierre d'une énorme pesanteur, qu'ils élevaient et faisaient tomber ensuite sur les beliers ; ce qui en rompait la force des coups, et les détournait à droite ou à gauche du point fixe auquel ils étaient suspendus. »

477. On peut placer au rang des corbeaux le *tellenon* dont parle *Végèce ;* il paraît que c'était une machine qui servait à élever quelques soldats à la hauteur des murailles ennemies, pour découvrir ce qui se faisait dans la ville assiégée. « Le tellenon, dit-il, est composé d'un gros pieu planté en terre, qui sert de point d'appui à une longue pièce de bois mise en travers et en équilibre, de telle sorte qu'en baissant un bout l'autre s'élève. A l'une de ses extrémités, il y a une caisse faite de planches, ou garnie d'un tissu d'osier, capable de contenir trois ou quatre hommes armés, qu'on élève et qu'on transporte sur la muraille. »

Tours mobiles et tortues.

478. Les tours mobiles, dont les anciens faisaient usage dans les siéges, et qu'ils appelaient *hélépoles*, étaient souvent d'une grandeur surprenante. On nous donne une idée assez distinctes de ces énormes masses mobiles dans la description de

l'hélépole, que *Démétrius* fit construire au siége de Rhodes.

479. « *Démétrius*, dit Diodore, ayant préparé quantité de matériaux, fit faire un hélépole qui surpassait en grandeur tous ceux qui avaient paru avant lui. La base était carrée. Chaque face avait cinquante coudées. Sa construction était un assemblage de poutres équarries, liées avec du fer; d'autres poutres, distantes les unes des autres d'environ une coudée, traversaient cette base pour donner l'aisance à ceux qui devaient pousser la tour. Toute cette masse était mise en mouvement par le moyen de huit roues proportionnées au poids de la machine, dont les jantes étaient de deux coudées d'épaisseur, et armées de fortes bandes de fer. »

480. « Pour les mouvemens obliques, on avait construit des appareils appelés *antistreptes*, par les moyens desquels la tour se tournait de tous les sens. Aux angles il y avait des poteaux d'égale longueur, et hauts à peu près de cent coudées, penchés les uns vers les autres. La machine avait neuf étages, le plancher du premier avait 43 solives, et le dernier n'en avait que 9. Trois des côtés de la machine étaient couverts de lames de fer, afin que les feux lancés de la ville ne pussent l'endommager. Chaque étage avait des fenêtres sur le devant, d'une grandeur et d'une figure proportionnées à la grosseur des traits de la machine. Au-dessus de chaque fenêtre était élevé un auvent, ou manière de rideau, fait de cuir garni et rembourré de laine, lequel s'abaissait par une machine, et contre lequel les coups lancés par ceux de la place perdaient toute leur force. Chacun des étages avaient deux larges échelles, l'une desquelles servait à porter aux soldats des munitions nécessaires, et l'autre, au retour, pour éviter l'embarras et la confusion.

» Trois mille quatre cents hommes poussaient cette machine les uns par dedans et les autres par dehors; c'était l'élite de

toute l'armée pour la force et pour la vigueur; mais l'art avec lequel cette machine avait été faite facilitait beaucoup le mouvement. *Démétrius* employa les équipages de vaisseaux pour aplanir le chemin par où elle devait passer. Ce chemin était long de quatre stades. Le nombre des ouvriers montait à trente mille. »

481. Le chevalier *Folard*, à l'occasion de cette description, accuse trop légèrement *Diodore* d'ignorance, parce que cet historien a dit qu'une partie des hommes qui poussaient l'hélépole étaient placée dans son intérieur. Mais, si notre habile tacticien se fût donné la peine de bien méditer la description qu'il réprouve, il aurait compris aisément que les hommes étaient à la vérité renfermés dans l'enceinte de la tour, mais que leurs pieds reposaient immédiatement sur le terrain. Car la base de la tour, soutenue par huit roues très-fortes, était formée par un grillage de poutres qui laissaient un grand nombre de vides dans lesquels se plaçaient les travailleurs. La dimension de cette base était telle, que plus de 900 hommes pouvaient s'y disposer sans confusion, et exercer, en poussant, toute leur vigueur à l'abri des coups des assiégés. Les autres hommes moteurs étaient placés, une partie par derrière, et un plus grand nombre sur les flancs, où ils exerçaient leur traction sur des cordes qui y étaient appliquées; des matelas de peaux rembourrés, adaptés en saillie à la façade de l'hélépole, défendait ces derniers. On peut supposer que les poutres du châssis, qui formait la base de l'hélépole, étaient prolongées, hors de cette base, sur l'arrière et sur les flancs, pour faciliter l'action du grand nombre d'hommes qui devaient pousser simultanément. Un passage des Commentaires de César nous prouve que ces sortes de tours ambulantes étaient mises en mouvement avec beaucoup de célérité, ce qui exclut l'emploi des machines qui supposent néces-

sairement un mouvement très-lent. En parlant du siége de Namur, ce grand capitaine dit que les députés que les assiégés lui envoyèrent pour capituler, lui assurèrent qu'ils ne croyaient pas que les Romains, sans le secours d'une divinité, eussent pu conduire et manœuvrer une machine qui surpassait la hauteur de leur muraille, avec autant de promptitude et de facilité : « *Non se estimare Romanos sine ope deorum bellum gerere; qui tantæ altitudinis machinationes tantâ celeritate promovere, et ex propinquitate pugnare possent.* »

482. *Végèce* nous explique avec clarté l'usage des tours mobiles. « Elles sont faites, dit-il, d'un assemblage de poutres et de forts madriers. Pour les garantir contre les dangers des feux lancés par ceux de la ville, on les couvre de peaux crues ou de pièces d'étoffe faites de poil. Leur hauteur se proportionne à celle de leur base; elles ont quelquefois 30 pieds en carré, et quelquefois 40 ou 50 pieds. Elles sont si hautes, qu'elles surpassent les murailles et même les tours en pierres. Elles sont appuyées sur plusieurs roues, par le moyen desquelles on met facilement la machine en mouvement, quelque grande qu'elle puisse être. La ville est en extrême danger, si l'on peut approcher la tour jusqu'à la muraille; elle a plusieurs escaliers pour monter d'un étage à un autre, et fournit différentes façons d'attaques; il y a un belier pour battre en brèche, et, sur l'étage du milieu, un pont-levis composé de deux poutres, d'un tissu d'osier et de garde-fous; ce pont s'abat promptement sur le mur lorsque l'on en est à portée, et les assiégeans passent dessus pour se rendre maîtres de la ville. Sur les étages supérieurs, il y a des soldats armés de pertuisanes, et des archers qui tirent continuellement sur les assiégés; quand les choses en sont là, la ville ne tient pas long-temps, car que peut-on espérer lorsque ceux qui avaient mis toute leur confiance dans la hauteur de

leurs remparts, en voient tout à coup paraître un autre qui les domine? »

483. Le poids de l'hélépole de *Démétrius* était, suivant *Vitruve*, de 260 milliers. L'effort que les 3,400 hommes, convenablement placés, pouvaient produire en poussant, devait être plus que suffisant; car on sait par expérience que, pour traîner un fardeau très-lourd sur un plan bien nivelé et suffisamment solide (le fardeau étant soutenu par des roues et des rouleaux), il ne faut ordinairement que la vingtième partie de ce poids. Ce qui, dans notre cas, donnerait 18,000 livres; mais 3,400 hommes peuvent pousser avec un effort de plus de 60 milliers; leur action immédiate, sans intermédiaire, était donc capable de mettre en mouvement l'hélépole, comme *Diodore* l'affirme. D'ailleurs cette méthode était la seule convenable pour l'objet qu'on avait en vue, c'est-à-dire, de le faire avancer en un temps assez court, pour qu'il pût atteindre la muraille avant que l'ennemi n'eût le temps de disposer ses batteries de catapultes pour le détruire.

484. Un ingénieur de Rhodes, nommé *Diognetus*, rendit inutile le grand hélépole que nous venons de décrire, par un moyen aussi ingénieux que simple. Il fit percer le mur de la ville qui faisait face au chantier où cette tour avait été construite, et il ordonna que tous les habitans apportassent toute la boue, tout le fumier et toute l'eau qu'ils pourraient se procurer, et fissent couler ces matières par des canaux au travers de cette ouverture; on forma ainsi un bourbier artificiel au devant du mur. Cette opération se fit de nuit, à l'insu des assiégeans, lesquels, ayant le lendemain mis en mouvement l'hélépole, ne purent en aucune manière le faire approcher de la muraille, car il s'enfonça tellement dans la boue, que *Démétrius* fut obligé de l'abandonner.

485. La *tortue* des anciens était une espèce de cabane mou-

vante, au moyen de laquelle les assiégeans s'approchaient du fossé de la place pour le combler, ou bien pour approcher et mettre en action les beliers, ou enfin pour effectuer toutes sortes de travaux à l'abri des coups des assiégés. Elles étaient formées d'une charpente très-solide; les flancs, ou côtés, clos par des claies d'osier vert, étaient défendus par des matelas de peaux rembourrés de paille, et mouillés de vinaigre. Le toit était couvert de matelas plus épais, posés sur des lits de mousse.

Cette machine était soutenue par plusieurs roues très-fortes, retenues dans des fourches ou chapes de fer, dont la partie supérieure formait un gros pivot qui tournait dans une ouverture pratiquée entre de doubles poutres du contour de la base.

486. César, au siège de Marseille, fit usage d'une longue tortue, ou, pour mieux dire, d'une galerie mobile qu'il appelle *musculus*. Ce musculus avait, dit-il, 60 pieds de long, pour aller à couvert de la *tour* (hélépole), jusqu'à la muraille de la ville. On étendit pour cela par terre deux poutres de même longueur, en face l'une de l'autre, à quatre pieds de distance. L'on mit dessus des poteaux debout de cinq pieds de hauteur, qui étaient assemblés en haut par deux sablières qui soutenaient le comble; des poutres en travers allaient d'un poteau à l'autre; au milieu de chacune d'elles s'élevait un poinçon contre lequel contre-buttaient les pièces obliques qui soutenaient le toit, couvert de mortier de brique, et de cuir par-dessus, de peur qu'en versant de l'eau par en haut, on ne détrempât le mortier; et, pour la garantir contre les pierres et le feu, elle était couverte de feutre et de matelas; on fit tout cela à couvert des *mantelets*, puis tout à coup on poussa le musculus sur des rouleaux jusqu'au mur.

487. *Végèce* décrit ces mantelets qu'il nomme *pluteus*. Ils sont composés d'une charpente en forme de cintre, couverts

d'un tissu d'osier et de cuir ou de peaux crues. Ils sont appuyés sur trois petites roues, une au milieu et les autres aux deux extrémités, par le moyen desquelles on les conduit du côté où l'on veut. » Ainsi le pluteus était une espèce de grand bouclier mobile sur des roues, derrière lequel, sept ou huit soldats pouvaient se mettre à couvert, et qu'ils poussaient devant eux lorsqu'ils voulaient avancer. Les modernes font encore usage dans les siéges de mantelets mobiles analogues à ceux des anciens.

CHAPITRE II.

Fabrication des armes blanches.

488. DANS cette fabrication, on distingue deux sortes d'opérations, celles de la forge et celles de l'aiguiserie : les premières, n'offrant aucun procédé mécanique remarquable, ne sont point de notre ressort; nous devons nous borner à parler des secondes, et renvoyer le lecteur, qui désire connaître plus particulièrement cette fabrication, au mémoire de M. *Cotty*, sur les armes portatives en général, à celui de M. *Vandermonde*, sur les armes blanches en particulier, l'un et l'autre publiés par ordre du gouvernement, et au IVme. volume de la Sydérotechnie de M. *Hassenfratz.*

On appelle *aiguiserie* l'usine où l'on aiguise et on polit les lames des armes blanches, et les autres instrumens tranchans. Elle renferme ordinairement deux grosses meules de grès ou de granit, et plusieurs autres meules plus petites, de pierres ou de bois de différens diamètres. Toutes ces meules sont mues par une roue hydraulique; à cet effet, son axe porte une roue dentée qui engrène avec des lanternes adaptées aux axes des grandes

meules. Toutes les autres meules reçoivent le mouvement par des courroies.

489. Les grandes meules ont ordinairement de 2 à 3 décimètres d'épaisseur, et leur diamètre varie depuis 2$^{\text{mèt.}}$ 4 jusqu'à 1$^{\text{mèt.}}$4. Elles font de 180 à 200 révolutions par minute.

Les meules moyennes, auxquelles le mouvement est communiqué par des courroies, font à peu près 500 révolutions par minute. Ces meules sont ordinairement d'un granit tendre et rougeâtre. On y pratique en les usant, avec des crochets de fer, des cannelures dont les différentes formes sont adaptées à celles des parties qu'on y veut aiguiser. Elles s'emploient à sec; et leur diamètre varie d'un mètre à un demi-mètre.

490. Toutes les meules, excepté les grosses peuvent s'enlever et se changer avec la plus grande facilité ainsi que les meules polissoires. Elles tournent sur deux pointes, et le tasseau mobile, qui reçoit l'une de ces pointes, se serre et se fixe à volonté au moyen d'un ou de plusieurs coins et d'une pièce buttante. On les arrête quand on le veut, en retirant la courroie de dessus leur poulie. Les grandes poulies qui mènent n'ont point de rebord. Il faut avoir la plus grande attention à ce que les meules de granit, et surtout celles de grès, n'aient ni fentes ni gerçures; car, s'il vient à s'en détacher des morceaux, ils produisent de graves accidens.

491. Les polissoires sont des meules de bois de chêne. Elles polissent au moyen de l'émeri délayé dans l'huile de navette, dont on enduit les pièces qu'on leur présente, et elles adoucissent ou brunissent au moyen d'un charbon d'aulne ou de hêtre, avec lequel on a frotté pour cela leur circonférence. Le charbon s'y attache, et on le fixe dans le fil du bois avec une agate qui polit cette circonférence, ou avec un morceau de sanguine dure. Il y a des polissoires de 8 à 9 décimètres de diamètre; il y en a aussi

qui ont moins d'un décimètre. Les formes de leur circonférence doivent s'adapter aux parties sur lesquelles elles doivent agir. Quand leur grandeur le permet, elles sont faites d'assemblage ; car c'est toujours le fil du bois qu'elles doivent présenter à la pièce, lorsque faire se peut. On doit choisir du chêne âgé, et à fil piqueté fin ; on conseille de le laisser un an ou dix-huit mois dans l'eau avant de l'employer, pour qu'il ne se travaille pas. On ne peut admettre aucun nœud dans le bois des polissoires.

492. Il faut, de temps en temps, rafraîchir le grain des polissoires et des meules, et leur en donner un nouveau. Pour les polissoires, on se sert d'un *ciseau* de menuisier qu'on appuie sur une pièce de bois qui se place exprès. Pour les meules de granit tendre, on se sert d'un crochet de fer ; et, pour les meules de grès, d'un marteau courbe à deux pannes tranchantes, qu'on nomme *hachoir*, parce qu'il sert à faire des hachures sur la meule.

493. Si les meules ont perdu leur rondeur, ce qui arrive assez fréquemment, parce qu'elles sont plus tendres dans certaines parties que dans d'autres, il faut, après s'en être assuré, en les faisant tourner et en les approchant avec un crochet de fer bien fixe, les user avec le même crochet, qu'on fait avancer jusqu'à ce qu'il touche toute la circonférence.

494. L'aiguiseur taille des morceaux de bois pour y appliquer les pièces par une de leurs faces, afin qu'elles ne se courbent point lorsqu'il appuie la face opposée sur la meule. Il doit toujours avoir à côté de lui, quand il aiguise sur les meules, une auge pleine d'eau pour y plonger les pièces, quand il craint qu'elles ne se détrempent en s'échauffant.

495. Il faut des escabelles à toutes les places, pour que l'ouvrier puisse s'y asseoir ; elles s'inclinent vers la meule. La dispo-

sition du jour n'est bonne que quand l'ouvrier l'a en face ou à sa gauche, la meule tournant en dedans, ou de haut en bas, par rapport à lui.

496. *Nicholson* indique, dans son Journal de Physique, n° III, un fait intéressant dont la connaissance peut contribuer au perfectionnement des aiguiseries. « Une expérience journalière nous montre, dit-il, que la chaleur est produite ou développée par le frottement. On voit les étincelles jaillir en abondance de la circonférence d'une meule sèche, à laquelle on applique un outil de fer ou d'acier. La chaleur produite par ce procédé est même telle que l'acier rougit bientôt, et que les outils durs sont souvent détrempés et gâtés par défaut d'attention, à cet égard, de la part de l'ouvrier. Lorsqu'une meule cylindrique est plongée en partie dans un baquet d'eau, il faut que la rotation en soit modérée, sans quoi l'eau jaillit par l'effet de la force centrifuge; et, quand ce liquide est versé d'en haut par stillation, la quantité ne suffit point à maintenir la température convenable. On observe même que la pointe d'un outil dur, appliquée à la meule sous une masse d'eau considérable, perd sa dureté si on ne la tient pas de manière que le courant d'eau la frappe constamment, et l'on voit jaillir des étincelles même sous l'eau. La coutellerie fine est travaillée en Allemagne sur un cylindre fait d'une espèce de poterie particulière, qui remplace la pierre à aiguiser, et sur laquelle on applique, avec du suif, du silex pulvérisé. On prétend que l'avantage particulier de cette espèce de poterie consiste en ce qu'elle ne s'échauffe jamais, quelque rapide que soit son mouvement.

497. M. *Nicholson* voulut vérifier ce fait; et, comme il ne pouvait facilement se procurer une meule en terre cuite, il lui substitua une meule en grès fin de Newcastle, de 10 pouces de diamètre, et un bloc de bois de Mahogany, destiné à faire aussi

l'office de meule en couvrant sa surface d'émeri. La pierre et le bloc de bois furent montés chacun sur un axe propre à être adapté à un tour très-fort. On les rendit tous deux cylindriques et du même diamètre. On sillonna obliquement la surface de la meule de bois, en directions croisées pour loger l'émeri : on laissa la surface de la meule de pierre dans son état naturel, et on plaça au-dessous un baquet d'eau dans lequel elle plongeait à la manière ordinaire. On l'employa ainsi, et, d'autre part, on fit travailler la meule de bois avec de l'émeri et de l'huile. L'instrument à attaquer était une lime dont on se proposait d'enlever toutes les dents. Les meules étaient mises en mouvement par le tour, et la vitesse était telle, qu'elles faisaient environ cinq révolutions par seconde. La pierre agissait lentement sur la lime, et le baquet fut bientôt vide, avec grand inconvénient pour l'ouvrier, qui était inondé, et ne pouvait s'en garantir qu'en ralentissant le mouvement. La meule de bois, garnie d'émeri, paraissait avoir plus d'action. Mais, quoiqu'on eût soin de rendre le frottement successif, et qu'on changeât promptement le contact sur toute la surface de la lime, elle devint bientôt si chaude, qu'on ne pouvait plus la tenir; et, lorsqu'on la garnissait d'un morceau d'étoffe, non-seulement on travaillait gauchement, mais elle devint finalement si chaude, que l'huile commençait à se décomposer et à exhaler une odeur empyreumatique. On fit ensuite sécher la meule de pierre, et on essaya d'aiguiser la lime dans cet état. Elle devint bleue presque immédiatement, et finalement rouge de chaleur. On enduisit, après cela, de suif les deux meules en appliquant une chandelle à leur surface, pendant qu'elles tournaient; et on garnit d'émeri la meule de bois. On appliqua ensuite à celle de pierre le même outil qu'elle avait travaillé précédemment, en la faisant tourner très-vite. Le frottement s'apercevait à peine dans les commencemens, mais,

bientôt après, la zone de suif pressée par l'outil se fondit, et la meule devint alors très-active. Pendant très-long-temps, l'outil parut à peine changer de température, et, lorsqu'il commença à s'échauffer, on le rafraîchit d'abord en l'appliquant sur une autre zône de la pierre, où le suif n'était pas fondu. Le même effet eut lieu en répétant l'expérience avec la meule de bois.

498. *Nicholson* employa ces deux meules avec beaucoup de succès dans une quantité considérable d'ouvrages. Et il conclut de ses expériences que le cylindre de terre cuite, dont on fait usage en Allemagne, ne contribuait que pour très-peu de chose, ou peut-être pour rien à l'effet observé.

499. Il arriva que la petite meule dont on vient de parler fut mise de côté pendant près de trois ans. On la remit en œuvre au bout de ce terme, et on trouva que le suif avait souffert quelque changement, par l'action de la pierre ou par celle de l'air, ce qui la mettait en état de défendre le grès beaucoup plus efficacement qu'auparavant. Le suif était devenu moins fusible. Il est probable que cela ne serait pas arrivé avec un cylindre de terre cuite, ou du moins qu'il aurait été plus facile de nettoyer sa surface et de la remettre en son premier état.

500. Les meules sur lesquelles on travaille à sec, dans la fabrication des couteaux, des instrumens tranchans, et surtout dans l'opération d'appointer les aiguilles à coudre, produisent une poussière nuisible aux ouvriers, et qui leur fatigue beaucoup la vue. La société d'encouragement de Londres a décerné, à M. *George Prior*, une récompense de vingt-cinq guinées, pour une espèce de soufflet dont le vent, chassé à travers un tube percé de fentes longitudinales, et qui embrasse la meule, produit un courant d'air assez fort pour entraîner la poussière. Cet appareil, très-simple, a en outre l'avantage de renouveler l'air de l'atelier.

501 (*a*). Cette machine, représentée fig. 4 et 5 (Pl. XIX), est composée d'une caisse conique en bois, dans laquelle la meule entre de la moitié de son diamètre environ; elle est destinée à recevoir la poussière qui se forme lorsqu'on émeule, et à la conduire hors de l'atelier par l'effet du courant d'air que produit un soufflet double, susceptible de servir à plusieurs meules à la fois. — A A roue de tour ordinaire, sur laquelle passe une corde sans fin *a* qui embrasse la poulie B, montée sur l'axe de la meule de grès *c*. Cette roue, qui transmet le mouvement à la meule, repose sur un bâtis D D : on la fait tourner au moyen d'une manivelle.

502. Une des extrémités de l'axe de la roue A porte une bièle coudée E, qui, par l'intermédiaire d'une tige F, fait agir un soufflet double, construit et opérant de la même manière qu'un soufflet d'orgue, c'est-à-dire, donnant un vent régulier et continu. Ce soufflet est formé de deux parties distinctes, dont celle G, inférieure, se nomme le *soufflet-nourrisseur*, et la partie supérieure H, le *régulateur*; la première est composée de deux flasques, l'une *f f* fixe, et l'autre *e e* mobile, à charnière, réunies par un fort cuir cloué sur leurs bords; cette dernière porte une queue dont l'extrémité, taillée en fourchette, reçoit le bout de la tige F; elle est percée, au milieu, d'une ouverture carrée, couverte d'une soupape, ouvrant en dedans pour permettre l'entrée de l'air et empêcher son retour. La flasque *f f* est également percée d'une ouverture qui donne passage à l'air dans le régulateur H, lequel est composé de deux flasques réunies de la même manière que les précédentes.

503. En sortant du régulateur, l'air pénètre dans un canal horizontal K, qu'on peut prolonger à volonté, mais qu'il con-

---

(*a*) *Mémoire de la société d'encouragement de Londres*, tome 31.

vient d'établir au-dessous du sol de l'atelier. Le soufflet G étant ouvert par l'effet de la bièle E et de la tige F, il s'y introduit par la soupape une certaine portion d'air qui, lorsque le soufflet se ferme, passe dans le régulateur, en traversant la soupape de la flasque *f*. La répétition de ce mouvement suffit pour fournir un vent régulier et non-interrompu. La flasque *d d* est chargée d'un poids qui sert à comprimer l'air dans le régulateur, et l'oblige à passer dans le canal K, d'où il se répand sur les meules, au moyen de tuyaux en fer-blanc N O O qui l'embrassent, et sont percés de fentes longitudinales. On les voit séparément (fig. 4); M est une douille en cuivre, qu'on suppose être fixée sur le sol, et qui communique au canal K par le moyen d'un petit tube dans lequel s'ajuste une des extrémités du tuyau N; l'autre est maintenue par la pointe d'une vis, sur laquelle elle est mobile comme sur un pivot. Dans ce tuyau horizontal sont placées les deux branches verticales O O réunies à leur sommet par le tube P. Le vent qui s'échappe à travers les fentes de ces tuyaux souffle sur la meule, et entraîne la poussière dans le canal R, qui peut être prolongé en S à travers le mur du bâtiment, ou coudé, en équerre comme en T, pour recevoir les canaux des autres meules placées dans l'atelier. Cette disposition est préférable, parce que tout le volume d'air, étant ainsi porté dans un canal commun, aura une plus grande force pour entraîner la poussière. — I est une soupape de sûreté, placée sur une ouverture pratiquée dans la flasque du régulateur; elle est maintenue par un ressort en gros fil de fer, et s'ouvre pour laisser échapper l'air superflu, lorsque, par l'élévation du soufflet, sa queue L vient appuyer sur une petite pièce de bois; ainsi on n'a pas à craindre la rupture du soufflet. Les tuyaux O O P, étant mobiles sur un pivot, peuvent être rapprochés de la meule à mesure que son diamètre diminue par l'usage.

CHAPITRE III.

Fabrication des armes à feu.

Canon de fusil.

504. Le canon d'un fusil se fabrique de la manière suivante: on fait casser du fer d'échantillon en morceaux de longueur prescrite, qu'on appelle bidons, et dont on en soude et courroie deux, l'un sur l'autre, pour en former une *double maquette,* qui fournit deux lames égales : ensuite on roule la lame et on la soude. A Brescia, et dans quelques autres fabriques, on forge les canons au martinet, mais ordinairement on préfère de les forger au marteau à main. La première méthode augmente considérablement les produits de la fabrication, mais l'expérience a prouvé que les rebuts sont à peu près dans le même rapport.

505. Après que le canon a été forgé et soudé, il doit être foré au moyen d'une machine composée de plusieurs lanternes placées horizontalement et parallèlement entre elles, et portant chacune un foret; elles engrènent dans un pareil nombre de rouets verticaux portés par un seul arbre. A l'extrémité de cet arbre est une grosse lanterne horizontale qui reçoit le mouvement d'un *hérisson* vertical, porté par l'arbre même de la roue que l'eau fait tourner. Le foret est exactement fixé au centre de la lanterne, qui lui donne son mouvement horizontal, et il passe dans le canon de façon que leurs axes ne font qu'une même ligne; le canon est assujetti sur le banc de forerie où il avance au-devant du foret d'une manière uniforme.

506. Les forets sont d'acier trempés, de la forme d'une py-

ramide quadrangulaire tronquée, coupant par les quatre côtés, arrêtés et soudés à une verge de fer qui est aplatie à l'extrémité insérée dans une cavité pratiquée au centre de la lanterne.

507. Le *foreur* se sert successivement de vingt-deux forets, dont le plus faible a 1c., 13 à sa plus grande épaisseur, et le plus fort 1c., 67. Le frottement qu'éprouve le canon au forage l'échauffe beaucoup, le tourmente, et le courbe quelquefois : c'est pourquoi l'ouvrier doit avoir l'attention de jeter souvent de l'eau dessus ; ce qui empêche d'ailleurs le foret de se détremper. Il est aussi nécessaire de graisser de temps en temps les forets avec de l'huile.

508. Le fer ayant été aigri par l'opération précédente, on recuit le canon avec du bois blanc pour l'adoucir ; et, lorsqu'il a été dressé, le foreur passe dedans trois ou quatre *mèches* ou *mouches* avec des *étèles*, pour effacer les traits du foret, le polir intérieurement et lui donner un juste calibre. Un foreur fore huit canons par jour.

509. Le canon prend sa forme extérieure à la meule qui est de grès, et qui tourne dans une auge pleine d'eau qui la rafraîchit. Le prolongement de l'axe de cette meule s'ajuste dans le centre d'une lanterne de laquelle elle reçoit son mouvement ; le mécanisme est d'ailleurs semblable à celui qui fait mouvoir le foret. L'*émouleur* se place à côté de la meule, afin que, si elle vient à se briser, ce qui a lieu avec une violence extrême, il soit moins exposé. Il commence à blanchir le canon à la bouche, et continue jusqu'à l'extrémité du tonnerre, où il réserve et régularise les pans déjà formés à la forge. Un émouleur peut émoudre vingt canons par jour, quand il a une bonne meule.

Platines.

510. Il y a deux méthodes de construire les platines; dans l'une, qui est la plus généralement suivie, on les confectionne simplement à la lime et au marteau; dans l'autre, on se sert d'étampes. On appelle *étampes*, ou *estampes*, des matrices faites de fer et recouvertes de fortes mises d'acier trempées, elles ont des cavités qui ont précisément la forme que l'on veut donner aux diverses pièces à confectionner; elles sont successivement assujetties avec solidité sur l'enclume, où la percussion, produite par la chute d'un mouton, donne aux pièces la forme de leur moule. Si, comme cela arrive souvent, des pièces ont été forgées trop fortes de dimensions, elles forment des bavures qu'on enlève au ciseau; après quoi on les fait rougir de nouveau pour les repasser dans les matrices, dont les deux parties qui les composent doivent bien joindre ensemble. Les pièces étant ainsi *étampées*, on les recuit au feu de bois blanc, pour en adoucir le fer aigri par l'opération précédente, et on les remet à des limeurs qui les disposent à entrer dans d'autres moules destinés au percement des trous.

511. Cette seconde méthode donne plus de régularité au travail, elle est plus expéditive, elle consomme un peu moins de fer; mais elle est sujette à plusieurs inconvéniens, et le nombre des pièces de rebut est plus considérable.

Baïonnettes.

512. La douille et la virole de la baïonnette sont de fer, et la lame d'acier; chacune de ces trois parties se forge séparément, et un même ouvrier n'en forge que d'une espèce. On fait usage d'étampes de dessus et de dessous pour étamper la douille, son coude et la lame. Les étampes de dessous se fixent et s'ajustent

sur les enclumes; celles de dessus, appelées *châsses*, se tiennent d'une main par le manche de bois qui les traverse.

513. La baïonnette, étant forgée, passe au forage. La machine qui sert à forer les douilles, fig. 1, 2 et 3 (Pl. XIX) est composée de deux jumelles qui sont placées horizontalement, et qui s'ajustent solidement par leurs extrémités, du côté opposé à la roue, sur deux montans, et des autres extrémités, sur le châssis qui porte l'axe de cette roue. Il y a entre ces jumelles un espace dans lequel s'adapte un chariot, enclavé de chaque côté dans une rainure formée sur toute leur longueur.

Sur la surface supérieure du chariot, est pratiqué un encastrement pour y recevoir la douille et l'y fixer par une fermeture à charnière. La partie aplatie du foret s'emmanche exactement dans une ouverture faite dans le prolongement de l'axe, auquel sont adaptés un volant et une manivelle, qui fait mouvoir le foret qu'on introduit dans la douille, laquelle avance d'une manière uniforme au-devant du foret par l'effet d'un cric à manivelle comme la figure l'indique.

Dans quelques machines à forer les baïonnettes, on remplace le cric par une corde attachée par un bout au chariot, et de l'autre à un plateau de balance chargé d'un poids proportionné à la résistance et placé au-dessous du banc de forerie. Ce plateau se relève lorsque le foret a traversé la douille par un petit *cric* adapté sur le côté de la jumelle de droite.

514. On passe successivement dans la douille cinq forets augmentant insensiblement d'épaisseur. Les trois premiers sont à quatre pans, le quatrième est à six, et le cinquième à huit. Ce dernier sert à polir et à donner les dimensions requises à l'intérieur, ce dont on s'assure en passant dans la douille un mandrin qui a un diamètre égal à celui extérieur du canon vers la bouche. L'ouvrier doit avoir l'attention d'huiler de temps

en temps les forets, et de jeter de l'eau dessus la douille pour qu'ils ne se détrempent pas par le frottement. Un foreur fore cinquante-huit douilles par jour.

515. Dans les manufactures royales, soixante-quatre ouvriers concourent à la fabrication d'un fusil de munition, garni de sa baïonnette. Ce fusil coûte au gouvernement 35 francs, à peu près; il a $1^{mèt.}$,366 de longueur; il est rond dans toute cette longueur, excepté au tonnerre, où il a cinq pans courts, allant se perdre insensiblement vers la bouche. Le calibre intérieur est $0^{mèt.}$,175. Le poids total de l'arme est de $4^{kil.}$,7.

516. On peut fabriquer 1200 fusils par mois dans une manufacture où l'on emploie 343 ouvriers, en supposant que les machines soient mues par des hommes. La moitié de ce nombre suffit, lorsque ces mêmes machines sont mues par l'eau ou par d'autres moteurs.

CHAPITRE IV.

Fabrication des canons.

517. Dans ce chapitre, comme dans les précédens, nous ne décrirons que les procédés mécaniques, c'est-à-dire, ceux qui sont relatifs à l'usage des machines; les autres procédés, quoique très-importans par eux-mêmes, ne seront indiqués que sommairement. Tout ce qui est relatif à la fabrication des canons se trouve détaillé avec beaucoup de clarté et de méthode dans un très-bon ouvrage de *Monge*, intitulé : *Description de l'art de fabriquer des canons.* C'est dans cet ouvrage que nous avons puisé la plupart des notions contenues dans le présent chapitre. On trouve des détails utiles dans l'ouvrage de M. *Charles*

Dartein, sur les procédés en usage dans les fonderies pour la fabrication des bouches à feu d'artillerie.

518. Le fer forgé, par sa ténacité et sa légèreté, est de tous les métaux celui qui serait le plus propre à la confection des bouches à feu; c'est le fer forgé qu'on emploie pour tous les canons de fusils, et on s'en est servi long-temps pour les grosses pièces d'artillerie; mais la dépense considérable qu'exigeait cette fabrication a fait adopter de préférence le fer coulé pour les grosses pièces de rempart et de marine, et le bronze pour les pièces de campagne. On suit pour les unes et pour les autres à peu près les mêmes procédés.

519. A l'égard des canons de fonte, il est utile de s'assurer d'avance si la ténacité de la fonte qu'on veut employer est suffisante. Pour cela, on fait couler un lingot de trois pouces carrés de bord, sur quinze à dix-huit pouces de longueur; ce lingot s'introduit, par une de ses extrémités, dans une boîte de fonte scellée dans un mur solide, et qui présente dans son intérieur un point d'appui sur lequel repose le lingot; on fixe à l'autre extrémité un levier de fer forgé, retenu au lingot par une bride de fer, et portant à six pieds six pouces de distance du point d'appui un plateau de balance; enfin, on charge ce plateau de poids successifs, jusqu'à ce que la charge détermine la rupture du lingot. Si le bareau peut supporter 1500 livres avant de se rompre, la fonte a assez de ténacité pour être employée à la confection des pièces d'artillerie.

520. La construction d'un canon consiste en quatre opérations principales : 1°. le moulage; 2°. le coulage; 3°. le forage; 4°. le percement de la lumière.

Moulage.

521. Il y a deux sortes de moulage, le moulage en terre et

le moulage en sable. Le premier a été pendant long-temps exclusivement employé; le second ayant été reconnu plus prompt, plus économique et plus régulier, a été, depuis quelques années, adopté dans un grand nombre de fonderies.

522. Le moulage en terre exige la confection d'autant de moules que de canons à couler, au lieu que, par le moulage en sable, un seul modèle ou moule sert pour une infinité de pièces de même calibre.

523. Le moulage en terre a deux parties très-distinctes; la confection du modèle et celle du moule. Pour faire le modèle, on prend un axe de bois léger, bien dressé, et dont la grosseur diminue uniformément d'un bout à l'autre; il est mobile sur deux tourillons portés sur deux chevalets. Un des tourillons est garni d'une manivelle. On garnit toute l'étendue de cet axe, appelé *trousseau*, d'une natte de foin cordé, qu'on enveloppe en faisant tourner la manivelle; on y applique dessus plusieurs couches successives d'argile pétrie avec du crottin de cheval. On a soin de faire sécher ces couches les unes après les autres, en faisant tourner le modèle sur un feu de charbon; on donne enfin au modèle la forme exacte du canon, au moyen d'une planche découpée suivant le profil de la pièce, et qui, étant présentée à une distance convenable, enlève toute la terre molle qui excède le profil.

Les anses et les tourillons du canon doivent être modelés à part; ces modèles sont ordinairement faits en bois, et on les adapte au grand modèle de la pièce.

524. Le moule se fait sur le modèle, de la manière suivante : On l'enduit d'abord d'une couche de cendre lessivée, puis on étend une première couche de terre argileuse très-délayée. Quand cette couche est sèche, on en met successivement trois autres d'une terre plus épaisse, puis on garnit tout le moule de

bandes de fer, recroisées par des frettes à charnières. Enfin, on recouvre le tout de plusieurs couches de terre, qui ne se mettent chacune que quand la précédente est sèche.

525. Le moule fini, on le soulève au moyen d'une grue, et on le laisse reposer sur un chariot qui lui présente trois points d'appui. Le moule mis sur le chariot, on chasse par le petit bout le *trousseau*, qui se dégage facilement; on retire la natte, la terre qui la couvrait s'éboule, les modèles des tourillons et des anses tombent sur la terre éboulée, et on retire le tout de l'intérieur du moule. On fait ensuite sécher le moule, on répare les gerçures et autres défectuosités par un enduit d'argile, et enfin, on étend une couche de charbon de bois pilé très-fin et délayé dans une eau légèrement argileuse.

526. Le moule étant fini, on le descend dans une fosse creusée en avant du fourneau, on remplit la fosse de terre sèche, qu'on bat tout autour, et il est ainsi disposé à recevoir le métal qui doit remplir son intérieur.

527. Le moulage en sable est plus simple et plus expéditif. Le modèle de la pièce de canon est en cuivre ou en fer; il est divisé en tronçons. Chaque tronçon a une caisse particulière de fer coulé, à peu près de même hauteur que lui, et composée de deux pièces qui s'unissent dans le sens de sa longueur, et que l'on serre l'un contre l'autre avec des boulons à clavettes. Le tronçon se place au centre de la caisse, dont les intervalles sont remplis de sable mêlé d'argile; ce sable est battu et pressé par couches successives.

528. Quand le sable a pris exactement la forme du tronçon, le moule est fini; on retire le tronçon, et, après avoir fait sécher l'intérieur de ce moule, on l'enduit d'une couche de charbon délayée. On voit ainsi que le moule entier est composé de plusieurs parties, qu'on descend par ordre dans la fosse, qu'on

monte les unes sur les autres, et qu'on lie entre elles par des boulons à clavettes. Le moule, dans cet état, est prêt à recevoir le métal.

Coulage.

529. Les pièces de gros calibre exigent dix à douze milliers de fonte. Quelquefois cette matière est en fusion dans divers fourneaux; des rigoles partent de chacun d'eux, et toutes se dirigent vers la bouche du moule enterré qui doit recevoir le métal. Nous n'entrerons point dans les détails de fusion; nous dirons seulement que, lorsque cette fusion est complète, et que le métal est tel qu'il doit être pour couler dans le moule, on perce avec un ringard le trou du creuset, qui n'est bouché qu'avec un tampon de terre, et le métal s'écoule dans la rigole; on traverse cette rigole par une pelle, qui, plongeant un peu dans le ruisseau de métal, arrête les scories qui flottent à la surface, et ne laisse passer que le métal pur dans le fond de la rigole. Enfin, quand le moule est plein, on arrête l'écoulement en enfonçant la pelle qui ferme la rigole. La coulée faite, on laisse le moule en place dix ou douze heures, pour lui donner le temps de se refroidir, et de pouvoir être transporté sans que la pièce soit exposée à s'altérer; ensuite on la retire de la fosse, on désassemble toutes les parties de l'étui, on dépouille la pièce du sable qui lui adhère, et elle est en état d'être portée à la forerie.

530. Ce transport s'effectue au moyen de grues tournantes et de chariots-treuils. Les grues tournantes, dont les parties peuvent varier indifféremment au gré des constructeurs, et suivant l'exigence des localités, ne sont, la plupart, qu'un grand triangle rectiligne, dont un des côtés, étant vertical, sert d'axe de rotation; le second, horizontal, porte le point de suspension à son extrémité; le troisième enfin soutient le second et le con-

solide. Ce triangle est quelquefois garni de moises horizontales, qui augmentent sa solidité. Le point de suspension est formé par une simple poulie ou par un moufle; la corde, qui passe sur cette poulie ou sur ce moufle, correspond à un treuil sur lequel elle s'enroule. Ce treuil est mû moyennant une roue à cheville, ou bien moyennant un engrenage.

531. La fig. 1 (Pl. XX) représente une des grues en usage dans les fonderies. — *a a* arbre, ou axe tournant, terminé par deux pivots de fer *b*, *c*. Le premier *b* entre dans une crapaudine de cuivre, scellée dans la maçonnerie; et le second *c* entre dans un collet également de cuivre et fixé dans une poutre; par ce moyen, la grue peut tourner horizontalement avec facilité. Le bras horizontal *d e* porte deux poulies qui règlent la direction du câble *m m m*, qui, d'un côté, s'enveloppe sur le treuil *f*, et de l'autre, supporte le fardeau à élever. Le treuil *f* porte une roue métallique dentée *g*, qui engrène avec la lanterne *h*; l'axe de cette lanterne porte la roue à cheville *l* sur laquelle le moteur agit immédiatement. Des moises horizontales *p p p p* servent à lier l'arbre *a* avec les deux pièces *q* et *r*; la première, placée obliquement, consolide le bras horizontal *d e*; la seconde soutient le treuil *f* et l'axe commun à la lanterne *h* et à la roue à cheville *l*.

532. Le treuil des grues est ordinairement garni d'une roue à crémaillère, c'est-à-dire, à dents de scie, et d'un cliquet, lequel, par son propre poids, est obligé de passer sur chacune de ces dents. Par ce moyen, trop connu pour qu'il soit nécessaire d'en donner la figure dans les planches, le treuil peut librement tourner dans un sens, mais le cliquet l'empêche de tourner en sens contraire; on prévient ainsi, en partie, les dangereuses suites qui accompagnent la chute du corps qu'on élève lorsque la corde casse; et d'ailleurs ce mécanisme donne le moyen de

pouvoir laisser suspendu le corps soulevé, et de pouvoir alors tourner librement la grue.

533. Les grues tournantes des fonderies ont un autre emploi indépendamment de celui que nous venons d'indiquer. On y suspend quelquefois une grande marmite remplie de métal liquide, pour la transporter, au moyen de la grue, au-dessus des moules que l'on veut remplir.

534. A cet effet, on place d'abord cette marmite sous la coulée du fourneau, on la remplit de bûches ardentes qu'on y laisse séjourner jusqu'au moment du coulage. Alors on déblaie avec célérité la marmite des bûches, on l'attache au crochet de la grue; et, dès qu'elle est remplie de métal, on la transporte au-dessus des moules, et on verse le métal. Pour faciliter ce versement, le haut de la chaudière est environné d'un cercle en fer, lequel porte deux branches de fer qui, à leur extrémité, sont traversées par un bras de levier; les ouvriers agissent sur ces bras, et font tourner la marmite sur deux crochets supportés par l'anse qui la soutient. Nous avons donné la figure de cette marmite dans le *Traité de la Composition des Machines* (Pl. XXXII, fig. 15).

535. Les grues tournantes ne peuvent transporter les fardeaux qu'à une petite distance; s'il est nécessaire de leur en faire parcourir une plus grande, alors il faut les livrer à un chariot-treuil, dont on voit une représentation fig. 2 (Pl. XX). Ce chariot est garni de deux treuils; l'un, marqué *a*, sert à suspendre le fardeau; le second *b* met en mouvement le chariot, lequel est soutenu par quatre rouleaux *c c* dont on ne voit ici que les deux antérieurs; ces rouleaux se meuvent le long de deux poutres jumelles *d d*.

536. Le treuil *a* est mis en mouvement par la roue à che-

ville f, à l'axe de laquelle est adaptée la lanterne h qui engrène avec la roue dentée i, adaptée au treuil même.

Le treuil b fait avancer le chariot, et le poids suspendu, au moyen de la corde $y\,y$ qui, d'un côté, s'enveloppe sur ce treuil, et de l'autre est attachée à un point fixe placé à un certain éloignement dans la direction du chemin que le chariot doit parcourir.

Les autres parties du chariot ne sont autre chose que des pièces de charpente qui servent à le consolider, et que l'on peut disposer de différentes manières suivant les localités.

537. Le chariot-treuil saisit le fardeau dans le lieu où il est déposé par la grue; il l'élève verticalement à la hauteur convenable par l'action du treuil a et de l'engrenage qui en dépend; ensuite il lui fait parcourir horizontalement un espace plus ou moins long, et enfin le place sur les bancs de la forerie.

Forage.

538. Anciennement on coulait les canons creux, mais l'expérience ayant fait connaître que cette méthode donnait lieu à des soufflures dans l'intérieur des pièces, qui les rendaient défectueuses, on l'a entièrement abandonnée; on coule maintenant les canons pleins, et on les fore ensuite.

539. Il y a deux méthodes de forer les canons; la première, fig. 3 (Pl. XX), est de placer le canon verticalement dans un coulisseau, la bouche en bas; d'adapter l'allésoir à une barre verticale, qui sert d'axe à un manége que deux chevaux font tourner. Le poids du canon le fait descendre sur l'allésoir à mesure que le travail avance. Dans le cas que la pression produite par son poids soit trop forte, on la modifie par un contre-poids. Par cette méthode, que l'on a généralement abandonnée, l'âme de la pièce était sujette à se décentrer, et on a préféré de placer

les canons horizontalement, et de les faire tourner eux-mêmes, au lieu de faire tourner les forets. Par ce procédé, il est facile de percer le canon suivant son axe, et l'on est assuré que l'âme est bien centrée quand on voit que la tige du foret ne participe pas au mouvement de la pièce; tandis que si, au contraire, c'est le foret qui tourne, et si la direction qu'on lui donne ne coïncide pas parfaitement avec celle de l'axe de la pièce, l'âme ne se trouve pas au centre.

540. La fig. 3 (Pl. XX) représente une forerie verticale. Le canon *a* est placé dans le châssis *b b* mobile, le long des coulisses *c c c c*. Deux palans *x x x x* sont amarrés à la traverse supérieure du châssis, le câble de chacun d'eux s'enveloppe sur le treuil *d* garni des roues dentées *e e*, lesquelles engrènent dans les lanternes *f f*; l'axe de ces lanternes porte les roues à chevilles *g g* qui reçoivent immédiatement l'action des hommes moteurs. La barre de fer *h h* repose sur la crapaudine en cuivre *m*, et porte le foret. Cette barre porte les leviers du manége *p p* et le petit seau *q* destiné à recevoir la limaille qui tombe de la pièce.

541. Ordinairement on ne remonte le canon que pour le dégager du foret; car la pression nécessaire à celui-ci est produite par le poids du canon, qui n'est retenu dans sa chute que par le foret et par le frottement des parties de la machine. Cette machine, outre les inconvéniens que nous avons déjà signalés, a celui d'exiger un travail et un temps considérable pour monter le canon et le mettre en place.

Forerie horizontale, Pl. XXI, fig. 1.

542. Une forerie horizontale peut être mue par une machine à vapeur, par une roue hydraulique, ou par tout autre *récepteur*. La pièce de canon *a* est soutenue par des coussinets de cuivre,

placés dans les deux supports à coulisse *b* et *c* ; les coussinets ont des feuillures qui entrent dans les coulisses ménagées dans ces supports. Le coussinet supérieur peut s'enlever en ôtant la barre *d* qui le comprime, avec des vis et écrous. Par ce moyen, la pièce peut tourner librement dans ces coussinets, mais ne peut avoir aucun mouvement latéral. Le canon est fixé à l'axe *f f* par un *manchon* ou anneau de fer *g*. L'axe *f f* porte une roue dentée qui reçoit le mouvement au moyen d'un pignon fixé sur l'axe de la roue hydraulique *z*.

543. Tandis que le canon tourne, le foret placé sur un chariot s'avance. — *y* indique la tige du foret qui est fixée dans les montans du chariot *m m*, et dont la partie supérieure *p p* reçoit le mouvement au moyen d'un pignon *q* adapté à l'axe d'une grande roue *r* ; une corde entoure cette roue, et aboutit au secteur *s* du levier *t* : ce levier porte un poids *x* qui, par sa pression, tend à faire baisser le bras *t* du levier, à faire tourner la roue *r*, et à faire avancer la tige du foret par l'action du pignon *q*.

544. Lorsqu'on veut retirer le foret, on fait tourner le treuil K au moyen d'une manivelle, et on fait monter le bras du levier *t* ; un cliquet empêche le treuil K de tourner dans un autre sens. Alors la roue *r* se trouve libre, et un homme, agissant sur les parties saillantes 1 2 3, la fait tourner avec facilité dans le sens convenable, pour que le foret soit obligé de reculer.

545. Il est bon de remarquer que, pour rendre la pression du foret dans la pièce constamment égale, il faudrait que l'extrémité du levier *t* fût garnie d'un arc de cercle.

Il existe des foreries horizontales, où la tige du foret est soutenue entièrement par un banc fort solide, dans lequel se trouve une entaille où elle est insérée, et qui ne lui permet ni de dévier ni de fléchir. Dans quelques autres, le foret est soutenu par

un certain nombre de supports placés à de petites distances l'un de l'autre, et alignés avec précision. Cette méthode mérite d'être suivie.

546. Lorsqu'on a un moteur vigoureux à sa disposition, la même machine fore à la fois trois ou quatre pièces. L'appareil pour chaque pièce est le même que celui que nous venons de décrire. La communication entre ces appareils se fait par des roues dentées qui engrènent les unes dans les autres. Dans chacun des appareils, qui sont parallèles entre eux, l'union du canon à l'axe qui le met en mouvement se fait par l'intermédiaire d'un manchon de fer coulé, portant un trou carré de même grosseur que l'extrémité de l'axe, et que l'extrémité d'un carré qui fait corps avec la culasse du canon même; le manchon embrasse en même temps ces deux carrés, de manière que la roue ne peut tourner sans communiquer son mouvement de rotation au canon correspondant.

547. Avant de forer un canon on coupe la *masselotte*. On nomme ainsi un cylindre surabondant qui surmonte la tulipe, ou partie antérieure du canon. Pour couper cette *masselotte*, on dispose un levier de fer mobile dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce, autour d'un boulon fixé dans le collet *d* qui porte la *tulipe*. Dans ce levier est une mortaise qui reçoit une lame d'acier taillée en biseau, et assujettie par un coin de fer. La mortaise est placée de manière qu'en faisant tourner le levier autour de son boulon, la courbe que parcourt le taillant passe par l'axe de la pièce; par là, il se présente toujours de la manière convenable pour entamer le métal à quelque profondeur que l'entaille soit poussée.

548. Lorsque la masselotte est coupée, on procède au forage. A cet effet, on présente au canon, pendant qu'il tourne, un foret qui est porté par une tige de fer, assez grosse pour résister à la torsion, assez longue pour pénétrer jusqu'au fond de l'âme

du canon, et placée exactement dans la direction de l'axe de la pièce.

549. Le foret est composé de trois taillans; le premier est taillé en langue-de-carpe, il ouvre le trou d'environ un décimètre de diamètre; derrière ce taillant est une mortaise, dans laquelle on introduit en travers une lame ou barreau d'acier, qui coupe de part et d'autre en avant, et qui augmente d'environ un centimètre l'ouverture faite par la langue-de-carpe; enfin, derrière cette lame se trouve une autre mortaise d'équerre sur la première, et qui reçoit une autre lame qui coupe de même en avant, et qui porte la pièce à son calibre. Ces deux lames ne doivent point être tellement assujetties dans leurs mortaises, qu'elles ne puissent glisser; car, si elles étaient absolument fixes, il pourrait arriver qu'une seule des extrémités couperait, et il faut qu'elles travaillent toutes les deux. Il ne faut pas non plus qu'elles soient assez libres pour éprouver des sauts. Lorsqu'on commence à forer un canon, on place la pointe de la langue-de-carpe du foret exactement dans le centre de la pièce. Pour bien centrer le foret, on place sur le banc de forerie, et en travers, une pièce de bois qui doit porter la tige du foret tout près du canon, et un peu au-dessous du centre; puis, au moyen de deux coins que l'on introduit en travers entre cette pièce de bois et la tige, on la soulève jusqu'à ce que la pointe du foret corresponde bien au centre de la pièce, alors on presse le foret, et on fait tourner le canon. Si pendant que le canon tourne le foret prend du mouvement, c'est une preuve qu'il n'est pas au centre de la pièce; s'il faut l'élever, on chasse les deux coins à coups de marteau; s'il faut le porter de côté, on frappe le coin qui est du côté opposé. On opère ainsi jusqu'à ce que le canon ne communique aucun mouvement au foret; on est ainsi assuré qu'il est au centre.

550. La langue-de-carpe fait d'abord son trou; puis, lorsqu'elle a pénétré de quatre à cinq centimètres, la première lame commence à mordre, augmente l'ouverture; la deuxième lame mord ensuite, augmente encore l'ouverture, et met la pièce de calibre, à un millimètre près, que l'on réserve pour l'allésoir.

551. Il arrive quelquefois, pendant le forage, que la limaille s'engage. Dans ce cas on la dégage, si l'on peut, au moyen d'une tringle de fer portant un crochet; et, si ce moyen est insuffisant, on retire le foret.

552. La vitesse de rotation du canon sur le banc de forerie est ordinairement réglée de manière qu'il fasse quatre tours et demi ou cinq tours par minute, si c'est une pièce de trente-six, et sept tours pour une pièce de quatre.

553. L'action du foret laissé dans l'intérieur de l'âme des redans qu'on détruit au moyen d'une lame plate que l'on appelle *pièce de fond*, qu'on fait agir après le foret. Cette lame est carrée par le bout, et arrondie par les angles; elle est fixée avec des vis sur le bout d'une barre qui est demi-circulaire. Elle coupe successivement tous les redans, et elle enfonce l'âme de la pièce jusqu'à l'extrémité du trou conique formé par la pointe de la langue-de-carpe.

554. Le forage est terminé par l'allésoir. On appelle ainsi une pièce demi-cylindrique, sur laquelle on fixe, avec des vis, une lame d'acier à biseau, et dont le tranchant est dans le sens de la longueur de l'âme. On donne à cette lame la saillie nécessaire pour que la pièce soit exactement de calibre, au moyen de petites lames ou calles de tôle de diverses épaisseurs, que l'on place entre le dos du taillant et un arrêt porté par la monture.

555. Dans les fonderies où l'on pratique le moulage en terre, on est obligé de mettre sur le tour, et de tourner en dehors les pièces, même celles de fer coulé, afin de réparer tous les dé-

fauts qu'entraîne cette espèce de moulage. Quand on moule en sable, cette opération devient inutile à l'égard des pièces de fer coulé, et elle n'est pas indispensable pour celles en bronze.

556. On *tourne* une pièce de canon en la plaçant sur deux collets, comme dans une forerie; une roue hydraulique ou un autre *récepteur* quelconque lui communique le mouvement de rotation sur son axe. Alors le tourneur fait approcher l'*outil taillant*, qui est souvent placé sur un chariot de fer que l'on fait avancer lentement, au moyen d'une vis, et il enlève avec cet outil tout ce qui excède les dimensions exigées.

557. On voit fig. 2 (Pl. XXI), la coupe d'un canon placé sur un tour entre deux pointes, et mis en mouvement par une manivelle *a* et une corde sans fin *b b*, qui passe sur la poulie *c* qui environne la pièce de canon *d*.

Une des traverses du support de la roue *e* est traversée par une vis *f*, dont l'office est de donner à la corde sans fin la tension convenable.

558. *m m* sont deux jumelles fixées sur la traverse *n n*; elles ont intérieurement une coulisse pour recevoir les tenons *p* des deux poupées. Par cette disposition, les poupées peuvent glisser sur les jumelles.

559. *g* est un support en fer sur lequel on appuie l'outil, dont on se sert pour tourner la pièce. Ce support est composé d'un montant, qu'on fixe sur une large plaque, qui, d'un côté, se termine en fourchette, dans laquelle on adapte la vis *q*, garnie d'un écrou à sa partie supérieure qui s'adapte sur la plaque, et d'une traverse à sa partie inférieure qui s'adapte sous les jumelles *m m*. Par ce moyen, on peut faire mouvoir le support le long des jumelles, et on le fixe en serrant la vis *p p*.

560. Quand on veut poser une pièce sur le tour, on passe autour d'elle la poulie *c*, que l'on fixe par des vis de pression.

On adapte la corde sans fin dans sa gorge; on introduit un tampon de bois dans la bouche de la pièce; on adapte celle-ci entre les pointes des poupées, que l'on arrête en chassant les coins qui se trouvent à l'extrémité de leurs tenons. Après cela, on tend la corde sans fin en tournant la vis *f*; on fixe le support *g*, et on met en mouvement la roue *a*. La pièce étant tournée dans toute sa longueur, à l'exception de l'endroit en dedans de la poulie, on place celle-ci dans un autre endroit, ayant la précaution d'adapter de petites calles de bois entre la vis et la pièce, et l'on achève la partie qui était cachée par la poulie.

Percement de la lumière.

561. Le canon ayant été foré et tourné, il ne reste plus qu'à percer la lumière, c'est-à-dire, le trou par lequel le feu se communique de l'amorce à la poudre de la charge.

562. Ce percement se fait, en général, de la manière suivante : On couche le canon sur des chantiers disposés de manière que l'axe soit horizontal, et que la ligne qui passe par les centres des deux tourillons soit d'aplomb, puis le foret placé horizontalement, et suivant la direction convenable, est mis en mouvement par un archet, tandis qu'un cric, ou une vis, le pousse dans le sens de la longueur, à mesure que le forage de la lumière avance.

563. Il est nécessaire de remarquer que, dans les pièces de bronze, il faut que le trou de la lumière soit environné d'une espèce de tuyau de cuivre pur, appelé grain; car, sans cette précaution, en peu de temps la lumière s'agrandirait de telle sorte, que la pièce serait hors de service.

564. Le grain doit être forgé froid, ensuite il faut donner à sa surface extérieure la forme de vis. On perce dans la pièce un trou d'un diamètre égal à celui du filet de cette vis, ensuite on

y taraude un écrou de même pas, et dans lequel on fait entrer le grain à force et à refus; enfin, on perce la lumière dans cette pièce de cuivre.

565. Les fig. 3 et 4 (Pl. XXI) représentent une machine pour percer la lumière d'une pièce de canon. La pièce est placée sur un banc *a a*, garni de deux supports *b* et *c*, mobiles entre deux jumelles. Ces supports ont des tenons qui dépassent inférieurement les jumelles, et sont retenus par des coins. Le foret *x x* est mû par un archet *z*; il est poussé en avant par la vis *y*, et soutenu par trois montans *r r r*. Le support de l'archet peut être élevé et abaissé suivant le calibre des pièces, au moyen de coins qu'on place dans les intervalles *s s s*, et qu'on pousse et retire suivant le besoin.

566. La fig 5 (Pl. XXI) représente une machine pour la pose des grains aux pièces de bronze. Le banc sur lequel repose la pièce est formé par deux sommiers parallèles et deux traverses qui servent de support à la pièce. D'un côté de ce banc est le châssis que l'on voit dans la figure, et qui est composé de la traverse *b b*, des deux montans *c c*, du chapeau ou traverse supérieure *d d*, des jambes de force *e e*, et enfin de la pièce horizontale *m m*; une vis *x x* traverse les deux pièces *d d* et *m m*; l'extrémité supérieure de cette vis est garnie de quatre chevilles ou leviers, et l'extrémité inférieure appuie sur la partie supérieure d'un vilebrequin *y*, lequel est garni à sa partie inférieure d'un foret.

567. Lorsqu'on veut faire usage de cette machine, on couche la pièce sur le banc, on la dispose de manière que son axe et celui des tourillons soient de niveau. Un ouvrier tourne le vilebrequin *y*, et un autre la vis *x*, pour faire avancer dans le métal le foret adapté au vilebrequin.

CHAPITRE V.

Fabrication de la poudre à canon.

568. La poudre à canon est, comme on le sait, composée d'un mélange de salpêtre, de charbon et de soufre. La proportion de ces trois matières varie dans les diverses fabriques; celle adoptée communément pour la poudre à canon est de 0,750 de salpêtre, 0,125 de charbon, et 0,125 de soufre.

569. Le salpêtre, ou nitrate de potasse, se trouve dans les démolitions des anciens bâtimens formés de matières calcaires, qui ont été, pendant long-temps, habités par les hommes ou par les animaux, dans les craies, les plâtres, les tufs, etc.; les sols des écuries, des étables, des colombiers, des bergeries, en fournissent abondamment. Il se présente, à la surface des murailles calcaires, cristallisé en petites aiguilles. Il existe aussi quelques mines naturelles de salpêtre, dont on n'est pas encore parvenu à tirer un parti avantageux.

570. Lorsque l'on a des matériaux salpêtrés à exploiter, il faut d'abord les piler ou les écraser. Cette opération se fait de deux manières, ou à bras, ou mécaniquement. La première manière consiste simplement à les écraser sur des aires pavées, avec des battes, ou espèces de masses de bois, armées de gros clous. On les passe ensuite à la claie, pour en séparer les morceaux qui auraient pu échapper à la batte; pour cela, on jette par pelletées les plâtras battus sur une claie d'osier, convenablement serrée, de deux mètres environ de hauteur, sur environ trois mètres de largeur. La claie est placée de manière à être un peu

inclinée du côté opposé à l'ouvrier qui jette les matériaux dessus.

571. La seconde méthode produit une notable économie sur la main d'œuvre, et exempte les salpêtriers d'un travail pénible. Elle est en usage en Touraine. Les fig. 3 et 4 (Pl. III) représentent la machine qu'on y emploie pour broyer les plâtras.

572. Un arbre vertical *a* est terminé, dans sa partie inférieure, par un cône *b* garni de clous à têtes saillantes. Immédiatement au-dessus de cette partie conique de l'arbre, sont appliquées obliquement, sur sa surface circulaire, et à égale distance l'une de l'autre, des lames de fer *c c* de 7 mil. environ d'épaisseur, qui y sont fixées par leurs extrémités, et qui sont recourbées.

573. L'arbre traverse perpendiculairement une forte pièce de bois *d* dans laquelle il se meut sur un pivot; cette pièce est percée à jour et solidement fixée, de manière cependant à pouvoir être remontée à volonté; elle est armée de clous correspondans à ceux de la partie conique *b*. Sa partie supérieure *f* s'évase vers le haut; elle est aussi garnie de lames de fer *g* qui correspondent à celles *c c* de l'arbre, mais posées dans une direction verticale. — La trémie *h h* sert à l'introduction des plâtras.

574. Cette machine est mise en mouvement par un cheval qui agit sur le bras de levier *x x*. Les plâtras commencent à se briser par l'action des lames *g* et *c c*, et ils achèvent d'être broyés dans la partie inférieure, très-resserrée, garnie de clous. La matière broyée tombe ensuite dans une ouverture pratiquée sous la machine, qui correspond à un caveau.

575. La pulvérisation des plâtras pourrait aussi s'opérer par de pesantes meules verticales tournantes, à peu près semblables à celles que nous avons décrites dans le premier livre (100), et qui sont représentées fig. 5 et 6 (Pl. II).

576. Les plâtras pulvérisés doivent être lessivés : on se sert à cet effet de caisses de bois de chêne, en forme de trémie allongée, percées sur toute la longueur d'une des faces latérales, à peu de distance du fond. Les trous, garnis de bouchons, s'ouvrent et se ferment à volonté. Le fond est incliné vers la paroi percée. Un crible, formé par une planche percée de trous, est placé obliquement au-dessus des trous de la paroi dont nous venons de parler, et une claie d'osier recouvre le crible.

577. On remplit ces caisses de plâtras pulvérisés; on verse de l'eau dessus en quantité suffisante pour qu'elle excède de 8 ou 10 millimètres la surface de la matière; on laisse séjourner l'eau assez long-temps pour qu'elle ait pu dissoudre toutes les substances salines, alors on donne issue à la liqueur en ôtant les bouchons de la caisse. Cette liqueur salée contient non-seulement du nitrate de potasse, mais d'autres sels dont il faut isoler le premier. Cette séparation s'effectue en mêlant avec cette liqueur des cendres ou bien de la potasse du commerce. Lorsque ce mélange a produit son effet, on fait écouler la liqueur, que l'on verse dans des chaudières pour faire cristalliser le salpêtre. Cette cristallisation s'obtient par plusieurs ébullitions et refroidissemens successifs. Le nitrate de potasse exige pour sa dissolution, quatre fois son poids d'eau à froid, tandis qu'il se fond complétement à chaud dans la cinquième partie de son poids d'eau. C'est cette différence de dissolubilité qui donne le moyen d'obtenir la cristallisation recherchée.

578. Le salpêtre obtenu par les procédés que nous venons d'indiquer n'a pas encore la pureté nécessaire pour être employé à la fabrication de la poudre. On lui fait donc subir une dernière préparation, nommée raffinage, qui consiste à le faire dissoudre dans l'eau pure, et cristalliser deux fois.

579. La préparation et le raffinage du salpêtre se trouvent

décrits, avec tous les détails désirables, dans le bel ouvrage de MM. Bottée et Riffault, intitulé : *Traité de l'Art de fabriquer la poudre à canon.*

580. Le charbon qu'on préfère, pour la fabrication de la poudre, est celui fait avec les bois de peuplier, de bordaine, de tilleul ou de saule. Le charbon doit être pulvérisé et tamisé avant d'être employé dans la composition de la poudre. On a reconnu qu'il était très-dangereux de le pulvériser à sec, et qu'il s'enflammait souvent non-seulement durant l'opération, mais même après. Il faut donc, avant la pulvérisation, arroser les morceaux de charbon avec environ les sept-dixièmes de leur poids d'eau, remuer convenablement pour que tout le charbon soit également humecté, et soumettre ensuite ce mélange à l'action des pilons. Cette méthode a non-seulement l'avantage de prévenir les inflammations spontanées, mais encore d'empêcher la volatilisation de la poussière de charbon durant le battage.

Du soufre.

581. Les procédés de la fabrication du soufre et de son raffinage, purement chimiques, étant étrangers au but de cet ouvrage, nous ne parlerons que de sa trituration.

582. On peut opérer la pulvérisation du soufre à l'aide de pilons, ou bien de marteaux à manche horizontal, battant dans des mortiers de fonte ; mais ces deux méthodes présentent l'inconvénient de donner lieu à une volatilisation considérable. Les machines à meules tournantes, fig. 1 et 2 (Pl. XXII), sont préférables, et sont plus généralement adoptées dans les fabriques.

583. La trituration, opérée par l'une ou l'autre des trois méthodes indiquées, n'est jamais complète, quelque prolongé que soit le travail des machines, parce que le soufre divisé a une espèce d'onctuosité qui le fait adhérer en masse sous les corps

qui le compriment, de sorte que, après la trituration, on remarque une quantité de petits grains, très-durs, qui ont résisté à l'effet des machines.

584. Pour séparer ces grains, qui n'ont point été réduits en poudre, on a recours au tamisage qui se fait au moyen d'un *blutoir* mû ordinairement par une roue hydraulique. On appelle blutoir, une carcasse cylindrique recouverte d'une toile de soie très-serrée. Les mouvemens des meules à pulvériser, et du blutoir, sont souvent produits par la même roue hydraulique; dans ce cas, les deux machines communiquent ensemble, soit au moyen d'un engrenage, soit au moyen d'une courroie sans fin.

585. L'intérieur du blutoir communique avec une trémie qui reçoit le soufre pulvérisé. Cette communication se fait par un petit conduit très-incliné. Le blutoir, en tournant, tamise le soufre; la partie fine passe à travers la toile de soie, et tombe en dessous; les parties les plus grosses restent sur la toile, glissent le long du cylindre, au moyen d'une inclinaison convenable qu'on lui a donnée, et tombent d'elles-mêmes dans un compartiment établi à cet effet; on les en retire pour être reportées sous la machine à pulvériser.

586. Le blutoir est renfermé dans une caisse qui reçoit le soufre tamisé, et empêche qu'il ne se perde par volatilisation. On dépose le soufre, ainsi pulvérisé et tamisé, dans des futailles ou cuviers destinés à le contenir, et que l'on couvre de toile.

587. Il existait autrefois, aux Thernes, près de Paris, un appareil de pulvérisation, mis en mouvement par deux chevaux, et faisant marcher quatre blutoirs. Cette machine pulvérisait assez de matière pour fournir à la fabrication de quinze milliers de poudre par jour.

Mélange et compression des matières.

588. Le salpêtre, le charbon et le soufre, étant convenablement préparés et pulvérisés, il s'agit d'en former une pâte solide parfaitement homogène. On produit ce résultat à l'aide de plusieurs machines, dont la plus usitée est le *moulin-à-pilons.*

Moulins-à-pilons.

589. Les *moulins-à-pilons* sont composés d'une roue hydraulique, dont l'axe, suffisamment prolongé, est garni de *cames* régulièrement dispersées. Ces cames agissent sur les *mentonnets* des pilons, qui ne sont autre chose que des pièces de bois verticales, portant une masse métallique à leur extrémité inférieure. Ces pilons, retenus entre des moises horizontales qui leur servent de *prison* ou de coulisse, ont un libre mouvement ascensionnel. Lorsque la roue tourne, les cames soulèvent tour à tour les pilons, et les abandonnent ensuite à leur propre poids. Dans le Traité de la *Composition des Machines*, nous avons donné des indications étendues sur la forme, la disposition et les proportions des pilons. (*Voyez les paragraphes* 562 *et suivans dudit traité.*)

590. Les moulins à poudre ont un nombre plus ou moins grand de pilons; le plus communément ce nombre est de vingt; dans ce cas, il faut au moulin un emplacement de 8 ou 9 mètres de longueur, sur 8 de largeur.

591. Dans la construction de ces sortes de moulins, on ne doit employer le fer qu'avec une extrême réserve; le fer ayant la propriété de faire jaillir des étincelles par le choc, pourrait occasioner des explosions funestes.

592. Les pilons sont ordinairement en bois de hêtre, ainsi que les mentonnets. Les moises et les jumelles en chêne, les roues dentées en orme, et leurs dents en cormier. On a pro-

posé de faire les fuseaux des lanternes en verre, ou de bois revêtu d'un tube cylindrique de cuivre. Les piles à mortiers sont en orme.

593. Le poids d'un pilon doit être d'environ 40 kil., et l'élévation de sa chute de 36 centimètres; il doit battre depuis 55 jusqu'à 60 coups par minute. Le bas de chaque pilon est revêtu d'une boîte de cuivre, du poids d'environ 20 kil., dont la forme extérieure est un cylindre terminé sphériquement. M. Bottée a reconnu qu'il était avantageux de donner à cette boîte la forme d'une poire. La matière des boîtes à pilons est un alliage de 100 parties de cuivre rosette, et de 22 parties d'étain. Les mortiers ont une forme sphérique. Pour les forer, on commence d'abord par faire un trou cylindrique, du diamètre du collet du mortier, avec des gouges et le maillet; ensuite, pour achever la cavité sphérique, on se sert de la machine représentée fig. 3 (Pl. XXII). Elle est composée d'un madrier ou sellette *s s* qui s'applique sur la face supérieure de la pile, et la dépasse en largeur. Quatre montans *m m* traversent cette sellette, et sont fixés sur les faces latérales de la pile avec des vis; des clavettes *c c* réunissent les montans à la sellette, laquelle est percée, dans son milieu, d'un trou rond, pour recevoir l'arbre du foret *a*. Cet arbre porte, dans sa partie supérieure *q*, un carré destiné à recevoir un levier *t t*. Dans toute la longueur de l'arbre est une rainure pour placer une crémaillère *v v* dont le haut est à vis. La crémaillère reçoit elle-même son mouvement par le moyen d'un écrou *e* contenu entre deux plaques *p* fixées sur les faces du carré de l'arbre, et laissant entre elles un espace pour recevoir l'écrou, le haut duquel porte un carré sur lequel se monte une manivelle *m*.

594. On place cette machine dans le trou cylindrique qui a été formé comme nous l'avons dit: on fait agir d'abord une mo-

lette courte, qui, par le jeu de la machine, produit un premier évidement sphérique; enfin, on substitue à cette molette courte une molette longue, qui achève de donner l'évidement le plus rapproché de la forme que doivent avoir les mortiers.

595. Dans un moulin à pilons, il faut avoir un approvisionnement de pièces de rechange, pour pouvoir, avec célérité, remplacer celles que le travail a rendu défectueuses.

596. Le battage dure ordinairement quatorze heures. Cinq ouvriers dirigent ce travail dans un moulin de vingt pilons, dont chacun contient 10 kil. de matière. On commence par vider dans chaque mortier le charbon, qu'on arrose d'un kilogramme d'eau par mortier; on le retourne bien, à deux reprises différentes, avec un bâton recourbé. On donne alors à la roue l'eau nécessaire pour battre quarante coups par minute pendant 20 minutes ou une demi-heure au plus; après ce temps, on baisse la vanne, on met les pilons à la cheville. On balaie avec soin le dessus des piles à mortier, puis on ajoute le salpêtre et le soufre; on mélange bien, à la main, les trois matières, que l'on arrose d'un demi-kil. d'eau; on remue de nouveau le tout, et on commence le battage avec la vitesse de 55 à 60 coups par minute. D'heure en heure on procède au *rechange*; on appelle ainsi une opération qui consiste, 1°. à arrêter le mouvement en baissant la vanne; 2°. à suspendre les pilons à leurs chevilles; 3°. en ôtant la matière contenue dans chaque mortier, pour la placer dans le suivant, après avoir bien nettoyé l'un et l'autre.

597. L'expérience a prouvé que, pour avoir un bon battage, il faut que chaque pilon donne trente-six mille coups; or, le meilleur moyen d'acquérir la certitude de la perfection du battage, est d'adapter un compteur à la machine, c'est-à-dire un instrument indicateur propre à marquer sur une échelle graduée le nombre des coups donnés depuis le commencement de chaque

battage. M. *Morosi*, très-habile mécanicien, a appliqué des compteurs à quelques fabriques de poudre en Italie.

598. Le compteur, dont la composition peut varier de plusieurs manières différentes, doit être mû par l'axe même de la roue hydraulique. Le compteur imaginé par M. *Bottée* est un des plus simples et des mieux combinés que l'on connaisse. Il est formé d'un pignon de huit ailes, qui engrène dans une roue de 96 dents; cette roue porte un long axe taillé en forme de vis, et l'aiguille de l'indicateur est adaptée à un écrou qui se meut le long de la vis; l'aiguille correspond successivement aux divers traits d'une échelle graduée, placée au-dessous; l'aiguille a une seconde pointe, qui marque sur une seconde échelle le temps des rechanges.

Presses.

599. Au commencement de la révolution, on imagina de substituer le travail des presses à celui des pilons, pour obtenir la compression des matières avec la plus grande célérité. Cette méthode, qui, à la vérité, remplissait le but qu'on s'était proposé, a été depuis reconnue défectueuse, sous plusieurs rapports, dans les travaux réguliers et permanens; et elle n'est avantageuse que pour les travaux très-urgens. La fig. 4 (Pl. XXII) représente la coupe d'une des presses dont on a fait usage. Elle était composée, 1°. de deux jumelles ou montans *m m*, scellés par la partie inférieure dans une bonne fondation en maçonnerie; 2°. d'un sommier *s*, portant écrou, et servant de traverse en haut pour assembler les deux jumelles; 3°. d'une vis *v*, passée dans l'écrou *s*, et terminée dans sa partie inférieure par une plaque de bronze *p*, à laquelle elle est unie au moyen d'une saillie *q*, traversée par quatre vis. Au-dessus de la plaque *p* est un chapeau *c c*, aussi de bronze, percé de plusieurs entailles qui servent d'appui au levier *l*, soutenu par la

corde *f*, ainsi que par le tirant *t*. Ce tirant donne au levier un point de rotation fixe en *a*, sur lequel l'ouvrier le fait basculer pour le désengrener du chapeau et le passer d'une entaille à l'autre. Le tirant est composé d'une chaîne par le bas, et par le haut d'une tringle de fer recourbée et logée dans la tête de la vis, où elle se meut librement, et suit le levier dans toutes ses positions horizontales.

600. Pour se servir de cette presse, on avait des plateaux de bois de noyer, bien dressé, de six décimètres de longueur sur quatre de largeur, ayant sur tout le pourtour d'une des faces un rebord de neuf millimètres de hauteur sur autant de largeur, et sur l'autre face une feuillure de sept millimètres de profondeur. On commençait par garnir le fond de l'un de ces plateaux, sur la face portant le rebord, d'une toile mouillée; puis on étendait bien également sur cette toile une couche de neuf millimètres d'épaisseur environ de matière sèche, et on mettait sur cette couche une autre toile mouillée. Sur ce premier plateau on en appliquait un second du côté de la face portant feuillure, pour recevoir le rebord du plateau inférieur, et on y mettait de la même manière une nouvelle couche de matière entre deux toiles mouillées. Après avoir ainsi placé jusqu'à trente plateaux les uns au-dessus des autres, on les pressait tous ensemble, au moyen du mécanisme que nous avons indiqué.

601. La compression achevée, on levait de dessus chaque plateau la couche pressée, on l'exposait pendant quelques heures à l'air, on l'étendait sur un drap plié en double, et on y passait dessus un rouleau de bois cannelé, d'abord dans le sens de la longueur, puis dans celui de la largeur. Cette couche était ainsi divisée en petits cubes de cinq à dix millimètres carrés de superficie. Ces petits cubes formaient le grain de la poudre, et on l'employait dans cet état, ou bien on l'arrondissait

en lui faisant subir l'opération du lissage, dont nous parlerons bientôt.

Meules tournantes.

602. La densité qu'acquiert la poudre par le battage des pilons est suffisante pour la poudre ordinaire à gros grains, mais elle ne l'est pas pour la poudre d'une grande finesse, telle que la poudre superfine pour les fusils de chasse et pour les pistolets. Voilà pourquoi cette dernière espèce de poudre, après avoir été soumise en pâte pendant huit heures à l'action des pilons, passe par des grenoirs, et est portée dans cet état sous les meules, qui sont ordinairement de chaux carbonatée fétide, appelée vulgairement *pierre de porc*. Chacune d'elle pèse trois milliers environ; elles reçoivent communément le mouvement au moyen d'une roue hydraulique.

603. La fig. 1 (Pl. XXII) représente une de ces machines. Le bas de la machine est formé par une plate-forme circulaire, couverte d'une meule gisante *a a*, et environnée d'une table circulaire *b b*, qui a une pente légère vers la plate-forme. La table est terminée, à son bord extérieur, par un liteau *c c*, en forme de bourlet. Au centre de la plate-forme se trouve une crapaudine *d*, encastrée dans un dé de pierre. C'est dans cette crapaudine que repose le pivot de l'arbre vertical *e e*, dont le tourillon supérieur *f* est appliqué contre la face latérale d'une poutre. Une lanterne A A est adaptée dans le haut de l'arbre *e e*, et elle est destinée à recevoir, au moyen d'un hérisson, le mouvement transmis par le *récepteur* de la machine.

604. L'arbre *e e* est traversé perpendiculairement par un essieu de fer horizontal *g g*; les deux meules roulantes B B y sont énarbrées; l'essieu est recouvert dans les parties qui le reçoivent par deux manchons de bois de forme carrée, sur les

bouts desquels sont vissées les plaques des boîtes de fonte, dont leurs ouvertures centrales sont garnies; les bouts de l'essieu sont arrondis et bridés par des courroies *n n*, qui s'enroulent d'un bout sur eux, et de l'autre sont fixés aux extrémités d'une traverse de bois *o*.

605. L'arbre *e e*, qui porte les meules, porte aussi la *servante* ou *charrue p p*. On appelle ainsi une pièce de bois disposée de telle manière, qu'elle entraîne en tournant la matière placée sur la meule gisante, et la force à se présenter successivement sous les meules tournantes.

606. Lorsque l'on veut mettre la machine en travail, on porte environ soixante livres de poudre, préalablement passée dans deux *grenoirs* ou cribles; on l'étend sur la meule gisante, en une couche d'une épaisseur égale, et on met les meules en mouvement, qu'on fait tourner pendant une heure sans interruption; ensuite on les fait encore travailler pendant deux autres heures, mais avec des repos fréquens. Le premier travail produit une trituration complète, le second donne à la matière la consistance nécessaire pour être réduite en grain.

607. L'usage des meules, dans la fabrication de la poudre, présente des dangers qu'on ne parvient à éviter que par la plus scrupuleuse surveillance. Les explosions, dans ces sortes de moulins, sont fréquentes, et malheureusement elles sont presque toujours accompagnées de suites les plus funestes. On a cru qu'on pourrait diminuer les dangers en substituant des meules métalliques à celles de pierre, susceptibles de produire des étincelles. A cet effet, on fit en 1795, l'essai de deux meules cylindriques en cuivre, mais comme elles étaient plus larges que celles en pierre, et à vive arête, elles éprouvaient dans leur marche un mouvement de torsion très-nuisible; on les abandonna, et on fit, quelque temps après, l'essai de meules métalliques

côniques; mais on s'aperçut que leur pression ne s'exerçait que sur leur angle intérieur, et que conséquemment elles ne remplissaient point leur objet, qui est de presser également sur toute leur largeur la matière de la poudre. M. *Bottée* a imaginé un moyen très-simple de faire disparaître cet inconvénient. Il est indiqué fig. 2 (Pl. XXII).

608. M. *Bottée* fait partir de l'angle extérieur de la meule conique, des bras de fer qui se réunissent à un point unique, où il place une boule de plomb ou de cuivre, dont le poids soit capable de ramener le centre de gravité au centre de la meule. Par là on obtient égalité de pression sur tous les points de la surface soumise à l'action des meules.

609. Il y a des espèces de poudre qui, au sortir des moulins, n'ont plus besoin que d'être grenées, c'est-à-dire passées dans des cribles ou tamis qui servent à séparer les grains de la grosseur convenable d'avec ceux trop gros ou trop fins. Mais les poudres *fines* et *superfines*, après le grenage, subissent une dernière opération, que l'on appelle *lissage*.

610. Le lissage a pour but de détruire les aspérités du grain, de le rendre plus net, moins susceptible de salir les mains, et d'un aspect plus agréable, en lui donnant une espèce de lustre. Cette opération s'effectue au moyen d'une machine fort simple, nommée *lissoir*, et qui consiste uniquement en une ou plusieurs tonnes, qui ont un mouvement de rotation verticale qui leur est communiqué par un récepteur quelconque. Chaque tonne contient ordinairement 300 livres de poudre, qu'on introduit au moyen d'une trémie dont la partie inférieure entre dans une ouverture carrée, pratiquée sur la bouge des tonnes. On bouche cette ouverture en la couvrant d'une toile, et en faisant entrer dans la feuillure un tampon de bois qui y presse cette toile de manière à ne pas permettre à la poudre de s'échapper dans le

mouvement. Pour bien fixer ce tampon, on relève les bords de la toile, et l'on passe par-dessus le tout une corde que l'on attache à quatre chevilles de bois, à tête, fixées sur la tonne aux quatre coins du tampon, en croisant diagonalement la corde sur ce tampon, et en la serrant fortement.

611. La rotation des tonnes doit être lente pour bien opérer le lissage; un mouvement trop accéléré briserait le grain. On laisse la poudre depuis huit jusqu'à douze heures dans les tonnes du lissoir, et cette durée varie en raison de la température de l'atmosphère. On regarde le lissage comme terminé, lorsque le grain de la poudre y a pris un lustre mat.

LIVRE QUATRIÈME.

Des machines employées dans les constructions navales.

612. PLUSIEURS instrumens, machines et appareils, dont on fait usage dans les arsenaux de marine, ont été précédemment décrits. Le chapitre IV du premier livre de ce Traité, contient la description des scies, soit à bras, soit mécaniques; et ces scies sont applicables à l'architecture navale, comme elles le sont à l'architecture civile. — Le chapitre III du second livre renferme le détail de divers appareils qui ont servi à extraire des vaisseaux submergés. — Le chapitre IV du troisième livre est consacré à la fabrication des canons; les procédés qui y sont décrits conviennent également à l'artillerie de marine, comme à celle de terre. — Enfin, plusieurs descriptions, contenues dans le *Traité du Mouvement des Fardeaux*, se rapportent à l'architecture navale, telles que les nœuds et amarrages, les leviers, cabestans et moufles; les bigues et leur emploi dans le levage des couples de levée, de l'arcasse et de l'étrave; les appareils pour lancer les vaisseaux à la mer, pour les remettre à flot lorsqu'ils ont échoué sur une plage, et pour les tirer à terre; et les machines à mâter. Il nous reste à examiner les machines employées dans les corderies, dans les forges des grosses ancres, et dans les poulieries.

CHAPITRE PREMIER.

Fabrication des cordages.

613. Les cordages sont d'une grande importance pour la marine et pour les opérations mécaniques. *Duhamel* a très-bien comparé la plupart des machines, lorsqu'elles sont dépouillées de leurs cordages, à des squelettes décharnés, dénués de muscles et incapables de produire aucun effet.

614. La fabrication des cordages se compose de six opérations que nous examinerons successivement : 1°. Tillage de chanvre; 2°. espade et peignage; 3°. filature; 4°. fabrication des torons; 5°. commetage des aussières et des grelins; 6°. gaudronnage.

Tillage du chanvre.

615. Le tillage du chanvre est une opération qui a pour but de séparer la *filasse* de la *chènevotte*. La filasse est une agrégation de fibres ligneuses, liées entre elles par une sorte de gomme ou résine. On appelle *chènevotte* une substance moelleuse et légère, à laquelle la filasse sert d'écorce.

616. L'industrie française est redevable à M. *Christian* d'une méthode extrêmement utile pour effectuer le *tillage*. Nous décrirons cette méthode, et nous ferons connaître la machine à tiller, aussi ingénieuse que simple, qu'il a inventée; mais auparavant nous décrirons les anciens procédés de tillage, et leurs nombreux inconvéniens.

617. Lorsque les tiges du chanvre ont le degré de maturité convenable, c'est-à-dire, lorsqu'elles commencent à jaunir à la cime, et à blanchir par le pied, alors on les arrache; on en

forme des poignées qu'on lie avec un petit brin de chanvre; on les expose au soleil pour faire sécher les feuilles, les fleurs et les graines appelées *chènevis*. Étant bien sèches, on prend d'abord les tiges qui n'ont que des feuilles et des fleurs, et on frappe chaque poignée contre un tronc d'arbre ou contre un mur, pour les en dépouiller; puis on récolte avec soin le chénevis des autres; et enfin on les porte toutes au *routoir*.

618. Le *routoir* est une fosse d'un mètre ou un mètre et demi de profondeur, dans laquelle on dépose le chanvre, qu'on couvre d'un peu de paille, et qu'on charge avec des morceaux de bois et de pierre : le routoir doit être rempli d'eau.

619. On laisse le chanvre en cet état jusqu'à ce que l'écorce, qui doit fournir la filasse, se détache aisément de la chènevotte; ce que l'on reconnaît en essayant de temps en temps si elle cesse d'être adhérente; et, aussitôt qu'elle se détache sans difficulté, on juge que le chanvre est assez *roui*, et on le tire du routoir.

620. Le but de cette opération, nommée *rouissage*, est non-seulement de disposer la filasse à quitter la chènevotte, mais encore d'en affiner et attendrir les fibres. Ces deux effets sont produits par un commencement de pouriture.

621. Quand on a retiré le chanvre du routoir, on délie les bottes pour les faire sécher, on les étend au soleil, on a soin de les retourner de temps en temps; et, quand le chanvre est bien sec, on le remet en bottes, et on le conserve, dans un lieu sec, jusqu'à ce qu'on veuille le tiller ou le broyer.

622. La façon de tiller consiste à prendre les brins de chanvre les uns après les autres, à rompre les chènevottes, et à en détacher la filasse en la faisant couler entre les doigts.

623. Le broyage est plus expéditif; il exige que le chanvre soit bien desséché. On appelle *broye* une sorte de banc fait d'un soliveau de deux mètres environ de longueur, et de deux déci-

mètres d'équarrissage; on creuse le soliveau, dans toute sa longueur, de deux mortaises qui le traversent de toute son épaisseur, et on taille en couteau les languettes qui ont été formées par les deux entailles ou mortaises. Sur cette pièce de bois on en ajuste une autre qui lui est assemblée à charnière, par un bout, qui forme une poignée à l'autre bout, et qui porte, dans sa longueur, deux couteaux faits dans le même bois, et qui entrent dans les rainures de la pièce inférieure. On a, en divers temps, proposé d'autres *broyes ;* mais celle-ci paraît avoir obtenu généralement la préférence, à cause de sa simplicité et de sa solidité.

624. L'ouvrier qui broie prend, de sa main gauche, une botte de chanvre, et de l'autre, la poignée de la mâchoire supérieure de la broye; il engage le chanvre entre les deux mâchoires, et, en élevant et baissant à plusieurs reprises la mâchoire supérieure, il brise les chènevottes; il tire le chanvre entre les deux mâchoires, pour obliger les chènevottes à quitter la filasse; et, quand la botte est ainsi broyée jusqu'à la moitié, il la prend par le bout broyé pour donner la même préparation à celui qu'il tenait dans sa main.

625. Le tillage, tel que nous venons de le décrire, consiste en deux opérations bien distinctes, le *rouissage* et le *tillage proprement dit*, ou le *broyage*. La nouvelle méthode de M. *Christian* supprime la première qui, très-défectueuse par sa propre essence, faisait perdre au chanvre une partie de sa force, et le pourissait lorsqu'elle était prolongée trop long-temps; au contraire, si elle avait été de trop courte durée, le chanvre restait dur et chargé de chènevottes. Le rouissage affaiblit toujours les fibres de la plante, et en détruit une partie, ce qui occasione beaucoup de déchet; il leur communique aussi une couleur verdâtre, que l'on ne peut enlever que par des blanchissages ré-

pétés ; et rarement les fibres du chanvre roui conservent toutes leur longueur. Indépendamment des graves inconvéniens qui diminuent le produit et la bonté de la filasse tillée, le rouissage en a un autre d'une plus grande importance ; il corrompt l'air et l'infecte d'émanations délétères.

626. Par la méthode nouvelle, on évite tous ces inconvéniens, car on ne fait point rouir le chanvre ; une seule machine produit l'opération entière du tillage, et le chanvre, qui a éprouvé l'action de cette machine, n'a besoin que d'un lessivage très-simple pour acquérir toute la souplesse et toute la blancheur dont il peut être susceptible : ainsi, outre l'opération du rouissage, on épargne de longs et dispendieux blanchissages. Les filamens conservent toute leur longueur, et il n'y a aucun déchet.

Nouvelle méthode.

627. En 1812, M. *Lee*, de Londres, obtint une patente pour le tillage du chanvre sans rouissage ; et il paraît que cet ingénieux mécanicien a conçu la première idée de l'importante amélioration dont nous nous occupons. M. *Christian* a le mérite incontestable, non-seulement de l'avoir introduite en France, mais encore de l'avoir singulièrement améliorée ; il ne doit, à M. *Lee*, que l'énoncé du problème ; la solution qu'il en a donnée lui appartient entièrement, et est, sous tous les rapports, préférable à celle du premier inventeur ; honneur donc, et reconnaissance à ce savant estimable, qui a enrichi l'industrie française d'un procédé de la plus haute importance, et dont la très-grande utilité ne sera convenablement appréciée que dans quelques années, après que sa machine aura été généralement reconnue et adoptée.

628. Quelques zoïles peu éclairés ont tenté de ternir l'éclat de l'ingénieuse machine de M. *Christian*, en la confondant

avec les *broyes* cylindriques en usage dans quelques cantons de l'Espagne, et spécialement avec une *broye* décrite dans les *opuscules* de Milan, sans réfléchir que les machines citées ne peuvent produire qu'un tillage pur et simple, et qu'étant incapables d'opérer sans rouissage, elles rentrent dans la catégorie des *broyes* simples dont nous avons parlé (623), et n'en diffèrent que par la construction, et non par l'effet.

629. Une différence essentielle distingue la machine de M. *Christian* des broyes indiquées ; elle pulvérise la chènevotte, tandis que les broyes la brisent en fragmens plus ou moins grands ; la première produit une sorte de mouture ; les autres concassent grossièrement ; la chènevotte, réduite en poudre par la machine de M. *Christian*, n'a plus aucune adhérence avec la filasse ; au contraire, les fragmens produits par les *broyes* ont une longueur trop considérable pour qu'ils puissent se détacher d'eux-mêmes, sans y avoir été probablement disposés par le rouissage.

630. La machine de M. *Christian*, représentée fig. 1, 2, 3, (Pl. XXIV) est composée d'un cylindre de fonte et de bois dur, ayant un diamètre de trois ou quatre décimètres, et une longueur à peu près semblable. La surface convexe de ce cylindre est entièrement sillonnée par 90 cannelures angulaires rectilignes, parfaitement égales. Quatorze petits rouleaux sont disposés autour du grand ; chacun d'eux a environ un décimètre de diamètre, et une longueur égale à celle du grand cylindre ; ils ont 22 cannelures pareilles, qui doivent engrener exactement dans celles du grand.

631. On admire, dans cette machine, une particularité très-remarquable, c'est que les supports des petits rouleaux ne sont point fixes ; mais ils peuvent s'éloigner plus ou moins du centre, en suivant toujours la direction d'un des rayons. L'effet de la

machine dépend de l'ingénieuse disposition de ces supports; il est de fait que, s'ils étaient fixes, elle ne produirait qu'un travail très-imparfait, et elle hacherait la filasse, au lieu de conserver aux filamens toute leur force et leur longueur.

632. Les lettres *a a a a* indiquent les supports mobiles dans lesquels les axes des petits rouleaux sont insérés; ils entrent dans des rainures qui leur permettent de s'élever et de s'abaisser. Une corde *b b b b* passe sur tous ces supports, et ces deux extrémités sont nouées en *c*. Un crochet *d d*, avec un ressort *e* en dessous, fait tendre la corde; il traverse le ressort, et est terminé par une vis dans laquelle entre l'écrou à oreille *f*. Par cette disposition, tous les petits rouleaux sont fortement appliqués sur le gros, car il y a une corde, un ressort et un crochet semblable de l'autre côté de la machine.

633. Les deux cordes attachées chacune à un ressort permettent aux petits rouleaux de se soulever un peu, lorsque le chanvre vient à passer (comme nous le dirons bientôt) entre le grand cylindre et les petits. Si, dans ce cas, les petits cylindres ne cédaient pas un peu, on endommagerait les filamens.

En tournant les écroux *f*, on peut diminuer ou augmenter la pression des cylindres, suivant l'exigence.

634. Plusieurs essais ont déterminé M. *Christian* à adopter le nombre de quatorze rouleaux, comme le plus avantageux. On pourrait diminuer ce nombre, ne donner à la machine que huit ou neuf petits cylindres, et faire subir au diamètre du grand, une diminution proportionnelle; mais alors il faudrait augmenter singulièrement la pression, qui, d'un côté, exigerait une vigoureuse force motrice, et qui, d'un autre côté, endommagerait la filasse qui, obligée de se plier fortement sur une petite courbure, se froisserait tellement, qu'avec certaines qualités de chanvres, même assez bonnes, on

ne retirerait qu'une filasse hachée, en supposant une pression suffisante; et, si la pression était trop faible, on ne ferait presque pas d'ouvrage, et on le ferait mal. Un plus grand nombre de rouleaux ne nuirait pas à la perfection du travail, ne rendrait pas la machine plus dure à tourner, et n'aurait d'autre inconvénient que d'augmenter la dépense de construction.

635. On peut se procurer des machines semblables à celles dont nous parlons chez MM. *Calla*, rue du faubourg Poissonnière, n. 92; *Cresson*, rue Saint-Denis, passage Lemoine, et *Duharme*, rue du faubourg Saint-Denis, aux Petites-Ecuries. Il y a des machines où tous les rouleaux sont en fonte de fer, et elles sont d'une solidité à toutes épreuves; d'autres ont le grand cylindre et deux des petits en fonte, et les autres en bois dur; d'autres enfin, moins coûteuses, ont tous les rouleaux, grands et petits, en bois dur.

636. Le chanvre que l'on veut soumettre à l'action de cette machine, récolté bien mûr et séché aussitôt arraché, peut être travaillé indifféremment l'été comme l'hiver, avec cette différence, qu'en hiver, il est nécessaire de le travailler dans une chambre modérément échauffée.

637. Il convient de faire un triage des tiges pour les assortir d'après leur grosseur et leur longueur. Lorsque les tiges sont grosses, il est bon, pour ménager la machine, de couper les racines près du collet, et d'aplatir préalablement les pieds avec un maillet lourd et cannelé sur une face; il faut tourner et retourner la poignée de grosses tiges sous les coups du maillet: opération qui se fait vite, et qui facilite beaucoup le travail.

638. Un enfant prend une poignée de tiges, les étale sur la largeur de la machine, les présentent par les racines sous la petite pièce de bois en trémie *x*, fig. 2, qui empêche que les

doigts ne s'engagent sous les rouleaux. Un homme tourne la manivelle *y*, et la poignée passe, en se brisant et se frottant, par tous les rouleaux, et vient sortir devant l'enfant par-dessus le rouleau qui porte la manivelle. Un tour de la machine suffit quelquefois pour briser toute la chènevotte; mais, si ce tour ne suffit point, on fait repasser la poignée une seconde fois; et, dans le cas où la qualité du chanvre soit dure et difficile à travailler, un troisième tour ôtera complétement la chèvenotte, pourvu que les cordes soient bien serrées.

639. Par cette opération, la filasse se trouve entièrement débarrassée de la chènevotte, mais les filamens sont encore âpres au toucher, et conservent encore beaucoup de rigidité; il faut donc les adoucir. A cet effet, on dresse d'abord, sur un gros peigne, les pieds et la tête de la filasse qui sort de la machine, puis on la dépose dans un lieu frais pour la laisser reprendre un peu d'humidité pendant un jour ou deux, puis on la fait repasser à la machine plusieurs fois de suite pendant deux, quatre ou huit minutes, suivant la qualité du chanvre et le degré de douceur que l'on veut donner aux filamens.

640. M. *Christian* a reconnu, par de nombreuses expériences, qu'une machine servie par un enfant et tournée par un homme, fait, par journée de douze heures, le tillage de quarante à cinquante livres de filasse, et même davantage, si les travailleurs ont de l'habitude et de la dextérité. La même machine adoucit en une journée de travail cent livres de filasse.

641. Les expériences de M. *Christian* ont aussi démontré que le tillage opéré par la machine produit, avec du chanvre non roui, un excédant de filasse qui varie depuis vingt jusqu'à cent pour cent, comparé avec celle qu'on obtient d'une même quantité de chanvre préparé et tillé à la manière ordinaire. Cet

excédant n'est jamais moindre de vingt pour cent, mais il est bien plus fort lorsque le rouissage n'a pas été fait avec toutes les précautions requises.

642. M. *Christian* a soumis à sa machine diverses sortes de chanvre et de lin, de bonnes, de médiocres et de mauvaises qualités, et il a reconnu que le produit moyen en filasse que l'on peut obtenir d'une quantité donnée de chanvre et de lin, en branches sèches, est le quart du poids des tiges sèches, et que cent livres de filasse donnent, après qu'elle a été adoucie et affinée, les cinq huitièmes de brins, terme moyen; les étoupes sont toujours très-belles et sans bouchons.

643. L'excédant de produit, avantage d'une très-grande importance, n'est pas le seul qu'on obtienne de la méthode de M. *Christian*. Elle donne, en outre, une quantité de *maîtres brins* bien plus considérable que l'on ne peut en obtenir par la méthode du rouissage, et les étoupes sont d'une plus belle qualité. Les filamens du chanvre n'ayant été ni entamés, ni altérés, ni pouris par l'eau croupissante des routoirs, conservent toute leur force naturelle.

M. *Christian* a fait des fils de chanvre et de lin rouis et non rouis; les fils non rouis ont porté presque le tiers plus de poids que les fils rouis. Cet avantage est d'une haute importance pour la marine; il offrira le moyen de diminuer le poids des voiles et des cordages, en leur donnant, sous des grosseurs bien moins considérables, une force égale à celles qu'ils ont actuellement, et il procurera en même temps une très-grande économie.

644. Cette méthode offre un autre avantage encore plus grand, parce qu'il intéresse la santé des habitans des campagnes, et surtout des ouvriers qui travaillent le chanvre et le lin. On sait combien sont nuisibles les exhalaisons putrides des routoirs, et combien de maladies ils produisent dans les

campagnes, où ils existent en grand nombre; on sait aussi que la poussière de la filasse du chanvre roui incommode les ouvriers, altère sensiblement leur santé, et abrége leur vie. La poussière de la filasse du chanvre ou du lin non rouis ne produit point les mêmes conséquences fâcheuses. M. *Christian* a fait travailler en hiver, portes et croisées fermées, et personne n'a ressenti aucune incommodité, quoique la chambre fût toujours pleine de poussière. Il n'en était pas de même lorsqu'on faisait passer à la machine, et qu'on y peignait du lin et du chanvre rouis; il fallait ouvrir portes et croisées, sans quoi les ouvriers ne pouvaient pas tenir à la poussière.

645. Par cette méthode, on peut travailler le chanvre l'hiver comme l'été, aussitôt récolté et sans interruption, ou bien par petite partie, et dans des momens de loisir. On peut aussi réunir plusieurs de ces machines, et leur faire communiquer le mouvement par des chevaux, des bœufs, des ânes, ou par des moteurs inanimés.

646. Indépendamment des avantages que nous venons d'énumérer, il en est un autre fort intéressant. On sait que le lin et le chanvre contractent au rouissage une couleur, quelquefois très-foncée, qu'on n'enlève qu'après un blanchîment très-long, et toujours très-fatigant pour les fils et les toiles, qu'on est obligé de soumettre à des blanchissages réitérés qui durent depuis trois jusqu'à six mois.

Il n'en est pas de même du lin et du chanvre préparés sans rouissage; leur matière colorante s'enlève très-facilement en un ou deux jours, et par des moyens très-simples, sans altérer la force des filamens. Les opérations de ce blanchissage n'ont aucun rapport avec la fabrication des cordages; j'espère néanmoins que le lecteur ne me saura pas mauvais gré de la courte exposition que je vais lui en faire.

647. Si l'on veut avoir du chanvre ou du lin dont les filamens soient divisés, doux et blancs autant qu'il est possible qu'ils le soient, il faut, après le tillage produit par la première opération de la machine, prendre la filasse par cordons ou poignées, la dresser sur un gros peigne, la déposer ensuite dans un cuvier ou dans un tonneau, où l'on verse de l'eau pure. On y laisse la filasse pendant douze ou vingt-quatre heures sans y toucher, après quoi on la retire pour la rincer dans de l'eau claire; quand elle a déposé sa couleur, on presse les cordons avec les mains, et on les fait sécher sur des cordes.

648. On passe ensuite la filasse à une lessive de cendres de bois, telle qu'on la fait dans les ménages pour le linge; on arrange la filasse dans le cuvier, comme pour la première opération, et l'on verse la lessive bouillante par-dessus; on couvre le cuvier pour entretenir la chaleur, et on laisse la filasse dans cette lessive pendant douze ou vingt-quatre heures. Au bout de ce temps on la retire, on la dégorge à l'eau claire, et on la fait sécher. Si, après ces deux opérations, on fait passer la filasse à la machine, on aura du chanvre et du lin très-souples, d'une belle couleur blonde; mais, si on veut les blanchir, et leur donner une grande douceur, on remet une troisième fois la filasse dans le cuvier, et on la recouvre d'eau de savon, qu'on verse dessus bouillante; on la laisse en repos pendant douze heures, et on la rince. Les filamens, après la lessive et le savonnage, sont roides et agglutinés, mais ils s'assouplissent totalement par l'action de la machine.

649. Deux lessives et deux savonnages suffisent pour donner à la filasse la plus grande blancheur, et une douceur qu'on ne saurait obtenir par le rouissage, et suffisent également pour blanchir et adoucir le chanvre le plus réfractaire.

650. Le lin et le chanvre simplement passés à l'eau et à la

lessive, ou bien passés ensuite au savon noir ou blanc, mou ou dur, se filent très-bien et très-fin, et ils ont conservé toute leur force, puisqu'ils n'ont subi d'autres opérations que celles que l'on pratique sur le linge le plus fin sans l'altérer. L'étoupe qu'on retire a acquis aussi, par sa beauté et sa douceur, plus de valeur qu'elle n'en a ordinairement.

651. Nous avons dit (635) que l'on construit des machines dont les parties mobiles sont entièrement en fonte; d'autres, partie en fonte et partie en bois dur; et d'autres, enfin, en bois. Lorsqu'on veut construire des rouleaux en fonte, il faut observer qu'il est nécessaire d'employer des modèles en cuivre; car les cannelures ne réussiraient pas d'une manière satisfaisante, si on se servait de modèles en bois. Dans les machines en fonte, les joues *r r*, fig. 2 (Pl. XXIV), doivent être en fer; elles reçoivent au centre les tourillons du gros cylindre, et portent sur leurs faces extérieures seize rainures saillantes, destinées à recevoir les supports mobiles *a a a a*, qui sont en cuivre.

652. Le petit cylindre *s* communique le mouvement à toute la machine, à l'aide de la manivelle adaptée à son axe; conséquemment il faut qu'il engrène avec le grand cylindre d'une manière toujours uniforme et continue; voilà pourquoi les supports qui le soutiennent sont fixes, et n'ont point le petit mouvement qu'ont ceux de tous les autres rouleaux.

653. Dans les machines en bois, les rouleaux et leurs supports doivent être de bois durs, bien secs, tels que le cormier, le buis, le poirier, le chêne vert, etc.

Les cannelures du grand et des petits cylindres sont faciles à tracer, au moyen de *patrons* ou *gabaris* en tôle, où le profil de toutes ces cannelures sera exactement découpé. On applique deux de ces *patrons* aux extrémités de chaque rouleau, observant qu'ils soient exactement parallèles, et que tous les

sommets des entailles de l'un et de l'autre se correspondent avec précision, comme s'ils étaient appliqués l'un sur l'autre. Cela étant, on prend un rabot dont le fer angulaire a la forme que doit avoir le profil de chaque cannelure, et on enlève avec cet instrument tout le bois qui se trouve dans l'intervalle de chaque dent, d'un bout à l'autre du rouleau.

654. Il est indispensable que les cannelures soient faites avec soin, qu'elles soient égales entre elles, bien droites, et parallèles à l'axe du cylindre, sans quoi les engrenages seraient imparfaits, et la machine serait incapable de produire son effet.

655. Avant d'adopter cette belle machine, M. *Christian* en avait inventé une autre, qui produisait le même effet, mais dont la construction délicate exigeait trop de soin pour qu'elle pût être généralement adoptée dans les campagnes. Cette machine était composée de quatre rouleaux, d'une manivelle, d'un pignon, et d'une roue dentée, le tout disposé sur des supports en fer. La manivelle était adaptée à l'axe du pignon, qui était aussi celui d'un des grands rouleaux dont les cannelures engrenaient avec celles d'un autre semblable cylindre.

Le pignon, de son côté, engrenait avec la roue dentée, qui était posée à l'extrémité de l'axe d'un des deux petits rouleaux, dont les cannelures communiquaient avec celles du second.

656. Les cannelures des grands rouleaux étaient épicycloïdales; celles des petits, triangulaires. Dans les premières, on avait inséré des lames de fer saillantes d'une très-petite quantité au-dessus de leur sommet, et ces lames crénelées sur toute leur longeur étaient destinées à séparer les filamens de la filasse, en même temps qu'elles brisaient la chènevotte.

657. Le chanvre était introduit entre les petits cylindres,

et passait de là entre les cannelures des grands, où il éprouvait l'action des lames crénelées.

Espade et peignage du chanvre.

Espade.

658. L'espade est une opération en usage dans plusieurs corderies, qui a pour but de débarrasser la filasse des petites parcelles de chènevotte, des feuilles, herbes et poussière ; elle sert aussi à séparer les unes des autres les fibres longitudinales qui, par leur union, forment des espèces de rubans ; et enfin, elle sépare du principal brin l'étoupe la plus grossière, c'est-à-dire les brins de chanvre qui ont été rompus en petites parties, ou très-bouchonnés.

659. L'espade est très-utile pour affiner la filasse préparée suivant l'ancienne méthode, et pour en corriger une partie des défauts ; mais elle devient absolument inutile, lorsque la filasse a été bien préparée par les nouveaux procédés de tillage.

660. L'opération de l'espade consiste à battre et secouer le chanvre, mais elle ne s'effectue pas partout de la même manière. La plupart des cordiers, et presque tous les ouvriers qui préparent le chanvre destiné à faire du fil pour de la toile, pilent leur chanvre, c'est-à-dire, ils le mettent dans des espèces de mortiers de bois, et le battent avec de gros maillets.

661. Dans plusieurs endroits, il existe des usines qui produisent mécaniquement le même effet avec une bien plus grande célérité. Ce sont des meules verticales tournantes, à peu près semblables à celles représentées fig. 5 (Pl. II), et fig. 1 et 2 (Pl. XXII).

Elles affinent mieux le chanvre que le simple battage manuel, mais elle produisent aussi un déchet bien plus considérable.

662. Dans les grandes corderies des ports, l'espade se fait d'une autre manière. L'atelier des espadeurs est ordinairement une grande salle bien aérée, pour que la poussière qui sort du chanvre, et qui fatigue beaucoup la poitrine des ouvriers, se puisse dissiper. Tout autour de la salle sont disposés des instrumens appelés chevalets. Ce sont des pièces de bois de cinq à six décimètres de largeur, de deux à trois d'épaisseur, et d'un mètre ou un mètre et demi de longueur. Aux deux bouts de chacune de ces pièces de bois, s'élève une planche verticale, d'un mètre de hauteur, qui a une entaille demi-circulaire à son sommet.

663. L'espadeur prend, de sa main gauche, une poignée de chanvre, appuie le milieu de cette poignée sur l'entaille d'une des planches des chevalets; il frappe, avec un couteau de bois à deux tranchans mousses, sur la portion du chanvre qui pend le long de cette planche; quand il a frappé plusieurs coups, il secoue la poignée de chanvre, la retourne sur l'entaille, et continue à frapper jusqu'à ce que son chanvre soit bien net, et que les brins paraissent bien droits; alors il change le chanvre bout pour bout, et il le travaille de l'autre côté. Quand une poignée est bien espadée dans toute sa longueur, l'ouvrier la pose de travers sur la pièce de bois qui forme le pied de son chevalet, et il en prend une autre à laquelle il donne la même préparation.

Peignage.

664. La nouvelle méthode de tillage rend inutile l'espade, mais non pas le peignage, dont le but est de *refendre* le chanvre; c'est-à-dire, de séparer complétement ses filamens, de l'épurer de tout corps étranger, et de séparer l'*étoupe* des *maîtres brins*.

Peignes.

665. Les peignes sont composés de six à sept rangs de dents de fer, à peu près semblables à celles d'un râteau; ces dents sont fortement enfoncées dans une planche épaisse, de chêne. On se sert, dans les corderies, de peignes de trois ou quatre grosseurs. Les dents des plus grands ont environ trois décimètres de longueur; leurs pointes sont éloignées, l'une de l'autre, d'environ 7 ou 8 centimètres. Les dents de ceux de quatrième grosseur ont un décimètre de longueur, et sont éloignées l'une de l'autre de deux à trois centimètres. Les dents sont rangées en échiquier ou en quinconce; elles doivent être taillées en losange et posées de façon que la ligne qui passe par les deux angles aigus, coupe perpendiculairement le peigne, suivant sa longueur. Par cette disposition, les dents refendent avec facilité, et offrent beaucoup de résistance. Durant le travail, il faut avoir soin de rafraîchir, de temps en temps, les angles et les pointes des dents, qui s'émoussent et s'arrondissent assez vite.

Travail des peigneurs.

666. Le peigneur prend, de sa main droite, une poignée de chanvre vers le milieu de sa longueur; il fait faire, au petit bout de cette poignée, un tour ou deux de cette main, de sorte que les pates, et un tiers de la longueur du chanvre, pendent en bas; alors il serre fortement la main, et, faisant décrire aux pates du chanvre une ligne circulaire, il les fait tomber avec force sur les dents du peigne à dégrossir, et il tire à lui, ce qu'il répète en engageant toujours, de plus en plus, le chanvre dans les dents du peigne, jusqu'à ce que les mains soient prêtes à toucher aux dents. Le peigneur, tenant toujours le chanvre dans la même situation, prend, avec sa main gauche, quelques-unes des pates qui restent au bout de sa poignée, il les tortille à l'extré-

mité d'une des dents du peigne, et, tirant fortement de la main droite, il rompt le chanvre au-dessus des pates, qui restent ainsi dans les dents du peigne, et il reitère cette manœuvre jusqu'à ce qu'il ne voie plus de pates au bout de la poignée qu'il prépare; alors il la repasse deux fois sur le peigne, et cette partie de son chanvre est peignée. Pour donner ensuite à la pointe qu'il tenait dans sa main une préparation pareille à celle qu'il a donnée à la tête, le travail est le même, à la réserve qu'il ne fait que rompre quelques brins qui excèdent un peu la longueur des autres.

Le gros bout doit toujours être peigné le premier, et il ne faut engager que peu à peu le chanvre dans les dents du peigne. Après qu'une poignée de chanvre a été passée sur le peigne, on remarque toujours que le milieu n'est pas aussi bien affiné que les extrémités, parce qu'il n'est pas possible qu'il passe aussi fréquemment et aussi parfaitement sur le peigne; c'est pour remédier à cet inconvénient, qu'on se sert de deux instrumens dont l'un est nommé *fer* et l'autre *frottoir*.

Le fer.

667. C'est un instrument de fer plat, large d'un décimètre, long de huit ou neuf décimètres, et épais de trois ou quatre millimètres; il est solidement attaché, dans une situation verticale, à un poteau, par deux barreaux de fer, soudés à ses extrémités. Sa largeur est perpendiculaire au plan du poteau, et son bord intérieur a la forme d'un tranchant mousse.

668. Le peigneur tient la poignée du chanvre comme s'il la voulait passer sur le peigne, excepté qu'il prend de sa main le gros bout, et qu'il laisse pendre le plus de chanvre qu'il lui est possible, afin de faire passer le milieu sur le tranchant de fer où il doit frotter; on l'achève ensuite en le passant légèrement sur le peigne à finir.

Frottoir.

669. Le *frottoir* est destiné à produire le même effet que le fer; c'est une planche attachée sur une table; la planche est percée, dans le milieu, d'un trou d'un décimètre environ de diamètre : sa surface supérieure est couverte de parties saillantes, taillées en pointes de diamant. Pour se servir de cet instrument, on passe la poignée de chanvre par le trou qui est au milieu, on contient avec la main gauche le gros bout de la poignée qui est sous la planche, pendant qu'avec la main droite on frotte le milieu sur les crénelures de la planche.

670. Toutes les qualités de chanvre ne doivent point être peignées également; il faut que les rudes le soient plus que les douces; mais, en général, il faut que toutes soient peignées à fond.

671. Un peigneur de corderie peut préparer jusqu'à quatre-vingts livres de chanvre par jour.

Il ne faut peigner le chanvre qu'à mesure qu'on en a besoin pour faire du fil; car, si on le gardait trop long-temps, il s'emplirait de poussière, et on serait obligé de le peigner de nouveau. Les poignées peignées doivent être transportées promptement de l'atelier des peigneurs, toujours plein de poussière, à celui des fileurs, où il doit être mis en œuvre.

Filature.

672. Dans les corderies, les ateliers des fileurs doivent avoir au moins deux cents mètres de longueur en ligne directe; la plupart sont établis simplement à découvert, le long des murailles des villes, dans les fossés ou sous les arbres d'une allée. Mais, dans les ports de mer principaux, il existe de grands édifices destinés à cet usage. La corderie de Venise est sans doute la plus somptueuse d'Europe. Elle a 460 mètres de longuer, 22 de

hauteur et autant de largeur. Son plan est un immense parallélogramme, divisé en trois nefs à peu près égales en largeur, par deux files de grosses colonnes doriques, construites en pierre dure : la nef du milieu s'élève jusqu'au toit, celles des bas-côtés n'ont que les deux tiers de cette hauteur; car les colonnes soutiennent deux planchers qui, en couvrant les deux bas-côtés, forment en même temps deux galeries supérieures, qui sont bordées de balustrades en bois du côté de la grande nef, et sont réunies entre elles par trois ponts qui traversent cette grande nef à distances égales.

673. Ce beau monument d'architecture, dessiné par le fameux *Michele-San-Michele*, est admirable par sa noble simplicité, et présente l'aspect le plus imposant.

674. La corderie de Toulon est aussi une des plus belles que l'on connaisse; elle a deux étages, celui d'en bas est voûté et divisé en trois longues nefs; deux gros pavillons sont placés à ces extrémités, et contiennent les magasins pour le chanvre, le fil et les cordages, avec les ateliers des espadeurs, des peigneurs et de la garniture.

675. La corderie de Marseille est à peu près construite sur le même plan. Le rez-de-chaussée contient une suite d'arcades ouvertes, et aux bouts sont les magasins et les ateliers.

676. La belle corderie de Rochefort est décorée de trois gros pavillons : dans celui du milieu sont les magasins de cordages, au bas, et l'atelier de la garniture au-dessus; les deux autres pavillons, placés aux extrémités, contiennent les ateliers des espadeurs et des peigneurs, et les magasins pour les tourets et pour le chanvre. Derrière ce grand bâtiment, des allées d'arbres forment de belles corderies découvertes.

677. Le port de Brest est orné de deux magnifiques corderies. L'ancienne corderie a une de ses façades vers le quai; la nou-

velle est placée derrière ; et plus loin, l'hôpital de marine s'élève majestueusement ; et comme ces édifices sont construits en terrasse sur le penchant d'une colline, ils forment un amphithéâtre d'une grande beauté.

678. Dans les fileries, on fait usage de plusieurs sortes d'instrumens ou machines, parmi lesquels on remarque les rouets, les tourets et les râteliers.

Rouets.

679. Les rouets des corderies sont, en général, composés d'une roue ayant un mètre et demi de diamètre environ, qui, mue à l'aide d'une manivelle, fait tourner rapidement une ou plusieurs molettes, par l'intermédiaire d'une corde sans fin qui les enveloppe.

Rouets portatifs.

680. Les rouets des cordiers ordinaires sont simples et légers pour être portatifs. La fig. 1 et 3 (Pl. XXIII) représente un de ces rouets à deux *molettes*. *A*, roue; *b*, un des montans qui la soutiennent; — *c c*, pièce de bois qui forme l'empatement du rouet ; — *d d*, montans qui soutiennent des traverses à coulisse *e e* dans lesquelles la planchette *f* est reçue, de sorte qu'elle peut s'approcher ou s'éloigner de la roue, pour tendre ou mollir les cordes sans fin de boyau ; cette planchette porte les *molettes*. La fig. 2 représente une de ces molettes dessinée plus en grand. 1, morceau de bois dur qui sert à attacher la molette à la planchette, par le moyen de petits coins ; — 2, broche de fer de la molette ; cette broche est terminée à un de ses bouts par un crochet, l'autre traverse le morceau de bois 1, et est rivé sur une petite plaque de fer ; il a la liberté de tourner. — 3, petite poulie fortement attachée à la broche, et dans laquelle passe la corde de boyau qui, enveloppant la roue, fait tourner le crochet de la molette.

Rouet fixe.

681. Dans les grandes corderies, on préfère le grand rouet fixe représenté fig. 4 et 5 (Pl. XXIII). Ce rouet est garni ordinairement de onze molettes qui tournent simultanément par l'action d'une seule roue. Le poteau *a* est fortement assujetti au plancher de la filerie; ce poteau soutient la roue *l* qui est large et pesante. A la partie supérieure du même poteau, et au-dessus de l'essieu de la roue, est une grande rainure dans laquelle entre la pièce de bois *b* qui est retenue par les liens *c c*.

682. A cette pièce de bois *b*, est solidement attachée, par des coins, la pièce *e* qu'on appelle la *tête du rouet* ou la croisille, et qui porte les molettes. Au moyen de l'arrangement circulaire des molettes, une courroie, qui passe sur la circonférence de la roue *l*, les touche toutes, ce qui fait que chacune d'elles ressent le mouvement qu'un seul homme communique à la roue.

683. La pièce *b* est assemblée à coulisse dans le poteau *a*, pour qu'on puisse, avec des coins, élever ou baisser la tête du rouet, et roidir ou mollir la courroie.

684. On place plusieurs de ces rouets à chaque bout d'une corderie, ce qui fait qu'un grand nombre d'ouvriers peuvent travailler ensemble dans un même atelier; et, pour qu'ils ne s'embarrassent point, on a soin de ne faire partir de chaque rouet que deux fileurs à la fois, et, quand ils sont éloignés de huit ou dix mètres, on en fait partir deux autres, et ainsi de suite.

Tourets.

685. Les fig. 6 et 7 (Pl. XXIII) représentent un *touret*. On appelle ainsi un instrument en usage dans les fileries, et sur lequel on enveloppe le fil. Quatre planches assemblées à angles droits, et attachées solidement aux deux extrémités d'un axe

tournant, sont tout l'appareil de cet instrument. Un morceau de bois, que l'on insère dans le fil qui a déjà été dévidé sur le touret, tient souvent lieu de manivelle.

686. Il y a des tourets, plus grands et plus solidement établis, qui peuvent contenir près de 500 livres de fil; ils sont montés sur un pied de charpente. Ils ont un essieu de fer à une des extrémités, auquel s'ajuste une manivelle également en fer.

Râteliers.

687. Les *râteliers* servent à soutenirs le fil. Ce sont des traverses de bois légères, garnies d'un certain nombre de crochets, dans lesquels les fileurs accrochent leur fil. Les râteliers sont placés parallèlement à une distance, les uns des autres, de dix à douze mètres, et à deux mètres environ d'élévation, pour que les fileurs puissent passer dessous sans se heurter. Les râteliers ont leurs extrémités insérées dans la muraille, ou bien ils sont soutenus par des montans verticaux.

Travail des fileurs.

688. Pendant qu'un homme se met à la manivelle du rouet pour le faire tourner, le maître de roue, c'est-à-dire celui qui dirige les autres, attache autour de sa ceinture un *peignon* de chanvre assez gros pour fournir un fil de la longueur de la corderie. Il s'approche du rouet, et fait une petite boucle de chanvre qu'il attache au crochet de la molette du milieu. Comme le crochet tourne, le chanvre qu'il a attaché se tortille. Alors il recule en fournissant toujours du chanvre; il prend dans sa main droite le bout d'une lisière avec laquelle il enveloppe le fil qui a déjà été fait, il serre fortement la main et tire à lui; en tirant ainsi, il empêche le fil de se tortiller sur lui-même et de faire des *coques*, et, en serrant la main, il retient le tortillement qu'im-

prime la roue, jusqu'à ce qu'il ait bien disposé, avec la main gauche, le chanvre qui, lorsqu'il sera tortillé, doit augmenter la longueur du fil; alors il desserre un peu la main droite; le tortillement se communique au chanvre qui avait été disposé par la main gauche, et, en reculant un pas, il fait couler la lisière sur le fil qui se tortille; en répétant cette même manœvre, le fil prend de la longueur, et, quand il en a assez pour être accroché au premier râtelier, le fileur lève les mains par une secousse, et il suspend son fil au crochet.

689. Lorsque le maître de roue est éloigné du rouet de 8 à 10 mètres, deux autres fileurs attachent de même leur chanvre aux molettes suivantes, et tous les autres commencent ainsi successivement, deux à deux, jusqu'à ce que toutes les molettes soient occupées. Lorsqu'ils sont arrivés au bout de la corderie, ils avertissent par un cri; et aussitôt des enfans placés auprès du rouet détachent les fils des crochets des molettes. Les fileurs passent les fils dans de petites poulies attachées au plancher de la filerie; ils tortillent ces fils autour de cordes d'étoupe appelées *livardes*, qu'ils chargent de pierres, et ils attachent le bout de chaque fil à un touret; un homme fait tourner le rouet, tient le fil enveloppé dans une livarde, et a soin, en même temps, de le conduire sur le tambour du touret, de façon qu'il s'y arrange bien; il frappe continuellement sur le fil avec une petite palette, pour qu'il s'arrange et se serre mieux sur le touret. Le fil s'unit en passant par la livarde et sous la pierre. Quand un touret est plein, on l'accroche à un palan au moyen duquel on le suspend, on le dégage de son support, on le descend à terre, on le remplace par un touret vide, et on le transporte au magasin destiné pour les fils de carret.

690. Ce magasin doit être placé au rez de chaussée, dans un lieu frais, mais bien sec. Pour éviter l'humidité, on a soin d'é-

lever le sol de 4 ou 5 décimètres au-dessus du terrain, de former sur ce sol une aire de glaise qu'on couvre d'une couche de chaux et de ciment, sur laquelle on étend le plancher formé de fortes planches de chêne, soutenues par de bonnes lambourdes.

691. On entasse les tourets les uns sur les autres, comme des barriques dans un cellier; mais il faut avoir soin de laisser circuler l'air librement entre les tourets, pour qu'ils ne s'échauffent pas par un contact trop rapproché, et il faut aussi ne pas les adosser immédiatement contre les murailles.

692. De belles et nombreuses expériences, faites par *Duhamel-du-Monceau*, et rapportées dans son excellent ouvrage intitulé l'*Art de la Corderie perfectionné*, lui ont indiqué que pour avoir de bonnes cordes il faut que le fil de carret soit uni, égal et sans mèche; que tous les filamens décrivent des hélices semblables, car alors ils sont en état de résister tous de concert au poids dont le fil serait chargé, au lieu que, si l'axe du fil avait des filamens presque droits, et que d'autres formassent autour d'eux des hélices plus ou moins allongées, ces filamens ne résisteraient point avec des forces égales à la pression, et le fil se briserait aisément.

Il est avantageux que le fil soit médiocrement tortillé, c'est-à-dire qu'il n'ait que le degré de tortillement nécessaire pour que les filamens ne puissent se séparer sans se rompre.

Il est également avantageux de filer fin, surtout quand le chanvre est bien affiné.

693. *Duhamel* a reconnu que la filature du chanvre de premier brin, bien peigné, produit un déchet de trois ou quatre pour cent, et que le déchet de celui de second brin est de huit ou dix pour cent. Onze fileurs peuvent filer environ sept cents livres de chanvre dans une journée de travail.

Commettage.

694. Dans les grandes corderies, l'atelier du commettage est une grande galerie longue de plus de 350 mètres, et large, 10 à 12 mètres. Aux deux bouts de la galerie sont posés *les supports des tourets ;* à quelques pas plus loin sont placés les *chantiers à commettre*. Les *chariots de toupin*, les *chevalets*, les *manuelles* ou *gatons*, les *palombes* ou *élinges*, sont les machines ou instrumens en usage dans les corderies où le commettage se fait suivant l'ancienne méthode, qui est encore en usage presque généralement. Des ingénieurs habiles ont reconnu qu'elle a des défauts notables, et ont essayé d'y remédier en inventant de nouveaux procédés que nous ferons connaître après avoir décrit cette méthode ancienne.

(*Ancienne méthode de commettage.*)

695. Le commettage est l'opération au moyen de laquelle on réunit un nombre plus ou moins grand de fils de caret, et on en forme des cordes de diverses grosseurs. On sait que le fil de caret est conservé dans les magasins sur des tourets ; on en tire la quantité dont on juge avoir besoin, et on les dispose sur les *supports*, de façon qu'ils puissent tourner tous à la fois sans se nuire les uns aux autres, afin que, quand on veut ourdir une corde, au lieu de parcourir autant de fois la longueur de la corderie qu'on veut réunir de fils, on puisse tous les étendre ensemble.

Supports des tourets.

696. Ces supports sont ou horizontaux ou verticaux. Les verticaux occupent moins de place, et sont généralement préférés. La fig. 8 (Pl. XXIII) représente un support vertical. Une grosse pièce de bois *a* est couchée sur le plancher, le long du

mur; plusieurs montans *b b* insérés dans cette pièce s'élèvent et sont réunis en haut par une autre pièce parallèle. Les montans, dont le nombre varie suivant la largeur de la corderie, ont des entailles *c c c* dans leur épaisseur, et c'est dans ces entailles qu'on pose les essieux des tourets.

Dans les supports horizontaux, les axes des tourets sont verticaux et tournent entre deux châssis parallèles.

Chantiers à commettre.

697. Les chantiers à commettre, représentés en A, fig. 9 (Pl. XXIII), sont composés de deux grosses pièces de bois de trois mètres de longueur, et dont la moitié est maçonnée en terre. Ces deux pièces sont dressées à plomb, à deux mètres de distance l'une de l'autre, et supportent une grosse traverse de bois, percée à distance égale de quatre, et quelquefois de cinq trous, où l'on place des manivelles de fer dont nous verrons bientôt l'usage.

Chariots à toupin.

698. Le toupin, représenté fig. 10 (Pl. XXIII), est un morceau de bois tourné en forme de cône tronque, dont la grosseur est proportionnée à celle de la corde qu'on veut faire; il doit avoir trois ou quatre rainures ou gougeures arrondies par le fond. Le toupin qui doit servir au commettage d'une grosse corde est placé sur un chariot, comme on le voit en B, fig. 10 (Pl. XXIII). Le chariot est formé de deux semelles sur lesquelles sont assemblés des montans. Quelques-uns des chariots à toupin ont des roulettes, d'autres n'en ont pas.

Chevalets.

699. Les chevalets fig. 11 (Pl. XXIII), destinés à soutenir les fils pendant que l'on ourdit des cordes, sont de simples tré-

teaux dont le dessus est armé, de distance en distance, de chevilles de bois.

Manuelles ou gatons.

700. La structure de ces instrumens est si simple, qu'il suffit de jeter un coup d'œil sur les fig. 11 et 12 (Pl. XXIII) pour les comprendre. Ce sont des leviers dans lesquels une corde est insérée.

Palombes ou élingues.

701. Les palombes ou élingues sont des bouts de cordages qu'on attache aux manivelles des chantiers à commettre, où elles sont retenues par une clavette.

(Travail des commetteurs.)

702. Le travail des commetteurs consiste en trois opérations distinctes, savoir : l'ourdissage des fils, la torsion des tourons, et le commettage proprement dit.

Ourdissage.

703. Pour bien ourdir un cordage, il faut 1°. étendre les fils; 2°. leur donner un égal degré de tension; 3°. en joindre ensemble une quantité proportionnée à la grosseur que doit avoir le cordage; 4°. enfin, leur donner une longueur convenable, relativement à celle que doit avoir la pièce de cordage.

704. Si la corde à ourdir n'est pas fort grosse, le maître cordier fait prendre, sur les tourets qui sont établis au bout de la corderie, tous les fils dont il a besoin. Il les fait passer dans un anneau de fer X, fig. 8 (Pl. XXIII), qui les réunit en un faisceau qu'un nombre suffisant d'ouvriers qui se suivent l'un l'autre prennent sur leur épaule; et, tirant assez fort pour dévider ces fils de dessus leurs tourets, ils vont au bout de la corderie,

ayant attention de mettre, de distance en distance, des chevalets, pour que ces fils ne portent point par terre.

705. Quand la corde est trop grosse pour étendre les fils en une seule fois, les ouvriers, après avoir étendu un certain nombre de fils, en prennent un pareil nombre sur les tourets qui sont établis au bout de la corderie où ils se trouvent, et ils reviennent à l'autre bout, ce qui leur épargne la moitié du chemin; et ils continuent ainsi de la même manière, jusqu'à ce que tous les fils soient étendus.

706. Dans quelques corderies, on se sert d'un cheval pour étendre les fils, on l'attèle au faisceau de fils. De cette manière, l'opération se fait avec plus de célérité et d'économie.

707. Quand on a étendu un nombre suffisant de fils, le maître cordier, qui se trouve au bout de la corderie opposé à celui où est le *chantier à commettre* (697), fait amarrer à un fort pieu un chariot nommé *carré*. Ce chariot est représenté en Y, fig. 9 (Pl. XXIII). Il fait charger le carré du poids qu'il juge nécessaire, et fait passer trois manivelles proportionnées à la grosseur de la corde qu'il veut faire, dans les trous qui sont à la membrure ou traverse du carré.

708. Tout étant ainsi disposé, il divise en trois parties égales les fils qu'il a étendus; il fait un nœud au bout de chaque faisceau pour réunir tous les fils qui les composent, puis il divise chaque faisceau de fils ainsi lié en deux, pour passer dans le milieu l'extrémité des manivelles, où il les assujettit par le moyen d'une clavette. Trois ouvriers, et quelquefois six, restent auprès du carré pour tourner ces manivelles, et le maître cordier retourne, avec les autres ouvriers, au bout de l'atelier où est le chantier à commettre; chemin faisant, il fait séparer en trois faisceaux les fils précédemment réunis, comme il avait fait à l'extrémité qui est auprès du carré. Les ouvriers ont soin de

faire couler ces faisceaux dans leurs mains, de les bien réunir, de ne laisser aucuns fils qu'ils ne soient aussi tendus que les autres, et, pour empêcher que ces fils ne se réunissent, ils se servent des chevilles qui sont sur l'appui des chevalets.

709. Quand on a ainsi disposé les fils dans toute leur longueur, et qu'on est rendu auprès du chantier à commettre, le maître cordier fait couper les faisceaux de fil de quelques pieds plus courts qu'il ne faut pour joindre les palombes (701); il y fait un nœud, et il met un nombre suffisant d'ouvriers pour tirer chaque faisceau, jusqu'à ce que le nœud qui est au bout puisse passer entre les deux cordons des palombes.

710. Quand les faisceaux sont attachés d'un bout aux trois manivelles du *carré*, et de l'autre aux trois manivelles du *chantier* (697), le maître cordier examine soigneusement si les fils de chaque faisceau sont également tendus, et si les trois faisceaux ont un degré de tension pareil, et, dans le cas où ils ne l'auraient pas, il coupe les nœuds pour remédier au défaut.

Torsion des tourons.

711. Les faisceaux de fils ainsi disposés s'appellent tourons, après qu'ils ont été tortillés. Pour les tordre, lorsqu'ils ont été disposés comme nous venons de l'indiquer, on défait d'abord l'amarre qui retenait le *carré* (704), pour lui donner la liberté de s'avancer à mesure que les tourons se raccorderont par la torsion qu'on leur fera éprouver, et un nombre suffisant d'ouvriers se mettent aux manivelles tant du chantier que du *carré*.

Ceux du *chantier* tournent les manivelles de gauche à droite, ceux du *carré* de droite à gauche; les tourons se tortillent, ils se raccourcissent, le carré avance vers le chantier proportionnellement à ce raccourcissement, et les ouvriers qui sont aux manivelles du carré suivent ses mouvemens. Enfin, quand les

tourons sont assez tortillés, ce qu'on connaît par leur raccourcissement, le maître cordier ordonne qu'on cesse de tourner les manivelles.

712. Les tourons doivent être tortillés également; pour cela, il faut que les ouvriers qui sont aux manivelles *virent* tous ensemble; enfin, que tous fassent un nombre égal de révolutions. Il arrive cependant quelquefois qu'un touron est moins tortillé que les autres; le maître cordier s'en aperçoit bientôt, ou parce que le carré est tiré de côté, ou parce qu'il y a un touron qui baisse plus que les autres; alors il ordonne aux manivelles qui répondent aux tourons trop tendus de cesser de virer, afin de laisser l'autre manivelle regagner ce qu'elle a perdu, et quand le touron qui était précédemment trop lâche est bien de niveau avec les autres, il ordonne à toutes les manivelles de virer.

Commettage proprement dit.

713. Le maître cordier fait d'abord ôter la clavette de la manivelle qui est au milieu du carré (707); il en détache le touron qui y correspond, et le fait tenir bien solidement par plusieurs ouvriers, afin qu'il ne se détorde pas; sur-le-champ on ôte la manivelle, et dans le trou du carré où était cette manivelle, on en place une plus grande et plus forte, à laquelle on attache non-seulement le touron du milieu, mais encore les deux autres, de telle sorte que les trois tourons se trouvent réunis à cette seule manivelle.

714. Les tourons étant disposés comme nous venons de le dire, on les frotte avec un peu de suif ou de savon, ensuite on place un toupin proportionné à la grosseur de la corde que l'on commet; dans l'angle de réunion des trois tourons, le toupin est placé sur son chariot, qui doit être approché le plus possible du carré.

715. Les ouvriers qui agissent sur la grande manivelle du carré la mettent alors en action; les trois manivelles du *chantier à commettre* tournent aussi, et la corde se commet, c'est-à-dire, les tourons s'enveloppent les uns sur les autres. Durant cette opération, les tourons se raccourcissent, et le carré se rapproche de l'atelier.

716. Lorsque la corde à commettre est fort longue, la grande manivelle du carré ne pourrait pas communiquer son effet d'un bout à l'autre; c'est pourquoi un certain nombre d'hommes plus ou moins considérable, suivant la grosseur de la corde, se distribue derrière le toupin, et à l'aide de *manuelles* ou *gatons* (700), ils travaillent, de concert avec ceux de la manivelle du carré, à commettre la corde, ou, comme disent les cordiers, à faire courir le tors.

717. Dans le commettage, les tourons perdent une partie de leur tortillement, et ils le perdraient totalement si on ne leur en fournissait de nouveau : c'est à quoi sont destinées les manivelles du chantier, que l'on fait tourner plus ou moins vite, suivant que le maître cordier le juge nécessaire.

Il reconnaît si la corde se commet bien, en examinant si le toupin avance uniformément; car, si les manivelles du chantier tournent trop vite relativement à la manivelle du carré, les tourons sont plus tortillés qu'ils ne devraient être; ils deviennent donc plus roides et plus difficiles à commettre, ce qui retarde la marche du toupin. Si, au contraire, on laisse perdre le tortillement des tourons, ils deviennent plus flexibles, cèdent facilement à l'effort de la manivelle du carré et des manivelles du chantier, et le toupin avance plus vite.

718. Quand le maître cordier voit que la corde est suffisamment tortillée, et qu'elle a toute sa perfection, il fait arrêter la manivelle du carré : il fait lier les extrémités de la corde avec

du fil de caret goudronné très-serré, afin que les tourons ne se séparent pas les uns des autres; on détache ensuite la corde, et on la porte sur des chevalets rangés le long du mur, où on la laisse séjourner quelque temps; puis on la roue, c'est-à-dire, on l'enveloppe en forme de tambour, pour la déposer dans les magasins.

719. On fait souvent des cordes composées de quatre tourons. Dans ces sortes de cordes, le commettage laisse un vide dans le milieu; pour éviter ce défaut, plusieurs cordiers placent dans le milieu un certain nombre de fils, sur lesquels les tourons se roulent : on donne à ce faisceau de fils le nom d'*âme* ou de *mèche*.

720. La marine fait un grand usage de cordages commis deux fois, auxquels on donne le nom de *grelins*. Pour les former, on prend trois ou quatre cordes ordinaires, ou aussières; on les adapte aux manivelles du *chantier* et du *carré*, comme on mettrait des tourons; on tourne ces manivelles dans le sens du tortillement des cordes, jusqu'à ce qu'elles aient acquis l'élasticité qu'on juge leur être nécessaire; ensuite, on réunit ces cordes à une seule grande manivelle par le bout qui répond au carré, on place le toupin à leur angle de réunion, on l'amarre sur son chariot, et enfin on commet le *grelin* absolument de la même manière, comme les cordes simples.

Fabrication des petits cordages.

721. Les petits cordages, que l'on nomme *bitord* ou *merlin*, se fabriquent suivant les mêmes principes, mais avec d'autres instrumens qu'il est à propos de faire connaître.

Rouet de fer.

722. Le rouet de fer, représenté fig. 13 (Pl. XXIII), tient

lieu du *chantier à commettre*. Ce rouet est composé de quatre crochets mobiles, disposés en forme de croix; chacun d'eux est adapté à un pignon; une roue dentée *a* engrène avec ces pignons, et un homme les met en mouvement par le moyen d'une manivelle *b*.

723. Lorsqu'un cordier veut faire une corde à l'aide de cet instrument, il tend ses fils depuis les crochets du rouet jusqu'à un autre crochet placé à une distance égale à la longueur des fils. Ce crochet se nomme *émerillon;* il est adapté dans un petit cylindre de bois dur, évidé dans son milieu, et il a la liberté de tourner; le petit cylindre porte un anneau du côté opposé au crochet; une corde est attachée à cet anneau, passe sur une poulie, ou simplement sur une fourche plantée en terre; la corde soutient, par son autre extrémité, un poids proportionné à la grosseur de la corde qu'on veut commettre; de sorte que ce poids a la liberté de monter ou descendre plus ou moins le long de la fourche, selon qu'il sera nécessaire.

724. Lorsque tout est ainsi disposé, le cordier place un toupin entre les fils, de manière que chacune de ses rainures reçoive un fil, et que la pointe du toupin touche au crochet de l'émerillon; alors on tourne la roue du *rouet de fer;* chacun des fils se tord en particulier, et comme ils sont égaux en grosseur, en longueur et en flexibilité, ils se tordent également, et acquièrent le même degré d'élasticité. Les fils, durant cette opération, se raccourcissent, et le poids de l'*émerillon* remonte. Quand les fils sont assez tors, on éloigne le toupin de l'émerillon, et on le fait glisser entre les fils jusqu'auprès du rouet, sans discontinuer de faire tourner la roue. Les fils se rassemblent l'un sur l'autre, et se commettent, en vertu de l'élasticité acquise qui les oblige à s'envelopper les uns sur les autres à mesure qu'on éloigne le toupin; et la tendance qu'ils ont à

s'envelopper est d'autant plus forte, qu'ils ont été plus long-temps tortillés.

725. Les cordages fabriqués suivant la méthode que nous avons décrite ont deux défauts capitaux : 1°. les fils, après avoir été commis, c'est-à-dire, après avoir été réunis ensemble par la torsion, n'ont plus la même force qu'ils avaient individuellement dans leur état naturel; 2°. quels que soient les soins que le maître cordier apporte à la fabrication des cordes, la torsion ne peut jamais être parfaitement égale, et conséquemment quelques fils souffrent une traction plus forte que les autres, et sont exposés à se rompre sous une médiocre charge. Nous indiquerons les moyens qui ont été proposés pour remédier à ces inconvéniens, après que nous auront dit pourquoi la torsion affaiblit les cordages.

726. La torsion affaiblit nécessairement les cordages, parce que, 1°. les tourons étant roulés en spirale, leur surface extérieure occupe une plus grande place que l'intérieure, et conséquemment elle est plus tendue, éprouve un plus grand effort, et les fibres déjà tendues ne pourront s'allonger pendant que les autres seront en état de céder; donc elles rompront plus promptement; 2°. on ne peut tordre des fils sans les charger d'une force pareille à un poids qu'on leur appliquerait. Si on les tord trop, cette seule force est capable de les faire rompre; ainsi il n'est pas possible qu'ils n'en soient affaiblis. La direction des fils tortillés étant plus ou moins oblique à celle du poids suspendu à la corde, ou de la force qui la tire, il est évident qu'ils résistent avec d'autant plus de désavantage que la corde aura reçu une plus forte traction, et que les tourons feront entre eux un angle plus ouvert; 3°. quand on charge une corde tortillée, elle s'allonge, et toutes les fibres qui sont plus tendues se rompent; les autres se frottent et s'altèrent.

727. Ainsi, il est utile de diminuer la torsion des cordages autant qu'il est possible, sans cependant que cela nuise à la solidité de l'assemblage des filamens; les cordes acquièrent par cette diminution plus de flexibilité et en même temps plus de douceur. Un très-grand nombre d'expériences faites en grand par *Duhamel*, prouvent cette vérité.

728. Nous avons dit que les cordes se raccourcissent à mesure qu'elles sont tortillées dans le commettage. M. *Duhamel* avait remarqué que ce raccourcissement était porté, dans les corderies, jusqu'à un tiers de la longueur totale des fils, et il a reconnu par l'expérience qu'il est bien plus avantageux de ne pousser le raccourcissement que jusqu'au quart, ou même, dans quelques cas, jusqu'au cinquième, et que, par cette méthode, les cordages sont plus forts d'un quart, et quelquefois d'un tiers, et deviennent plus maniables et flexibles.

Cordages plats.

729. *Musschenbrock* ayant réfléchi à la perte de force que les fils qui composent les cordes éprouvent par leur commettage, a cru qu'on pourrait y remédier en fabriquant des cordages plats; il a donc imaginé trois méthodes de les construire.

Première méthode de Musschenbrock.

730. La première est d'étendre plusieurs fils de la longueur qu'on veut donner à la corde, de les arranger parallèlement les uns contre les autres, et d'en faire un petit faisceau en forme de cylindre, au moyen d'un autre fil qu'on roulera autour de ces premiers, pour les contenir et les empêcher de se séparer. Ce fil extérieur et contournant étant exposé à des frottemens considérables, il serait à craindre qu'il ne s'usât promptement, et, dans ce cas, la corde s'éparpillerait.

731. Pour obvier à cet inconvénient, *Musschenbrock* propose de faire plusieurs petites cordes de cette manière, et les joindre ensemble par un autre fil; puis, joindre de la même façon plusieurs de ces nouvelles cordes, jusqu'à ce qu'on fût parvenu à la grosseur qu'on souhaite.

732. Cette méthode n'est point admissible, parce qu'elle exigerait un travail long et dispendieux. Les cordes qui en résulteraient seraient extrêmement raides, et tous les fils enveloppans ne contribueraient en rien à la force de la corde.

Deuxième méthode de Musschenbrock.

733. Ce n'est pas une corde que l'on fabrique par cette méthode, mais une espèce de ruban. Des fils étendus selon leur longueur, et placés parallèlement les uns à côté des autres, doivent être retenus dans cette situation, au moyen d'un autre fil avec lequel on formera une espèce de tissu à peu près semblable au *surfaix* des chevaux ou à une très-grosse toile.

734. Dans cette méthode, comme dans la précédente, il n'y a que les fils étendus suivant leur longueur qui soutiendront l'effort que la corde éprouvera, et tout le reste ne sert qu'à les entrelacer. D'ailleurs, il serait très-difficile de confectionner ainsi de grosses cordes, ou pour mieux dire, de grosses courroies.

Troisième méthode de Musschenbrock.

735. Elle consiste dans la formation d'une espèce de cordon travaillé comme les femmes tressent leurs cheveux; c'est une espèce de *cadenette* telle que les lacets, et qui se fait en entrelaçant trois fils.

736. Par cette méthode, les cordons sont réunis sans torsion, et il n'y a aucun fil qui ne contribue en quelque chose à leur force; mais il serait presque impossible d'entrelacer de cette

manière de gros cordons sans laisser entre eux des intervalles considérables, qui formeraient des trous très-profonds dans l'intérieur de la corde, ce qui en rendrait la superficie très-inégale ou raboteuse, et par conséquent peu propre à passer dans des poulies, ou à faire certaines manœuvres dans lesquelles on a besoin qu'une corde glisse avec beaucoup de facilité. D'ailleurs, de pareilles cordes seraient sujettes à plusieurs des mêmes défauts que les cordes ordinaires; les cordons dont elles seraient composées pourraient être plus tendus les uns que les autres, ils feraient des plis, et ainsi ils seraient tirés plus ou moins obliquement comme ceux des cordes ordinaires; si ces cordons étaient gros, une portion de chaque cordon serait plus tirée que l'autre.

737. Les marins font un grand usage, soit à bord des bâtimens, soit dans les arsenaux, d'une sorte de cordes tressées, qu'ils nomment *badernes* et *garcettes*. Elles sont fabriquées par les matelots mêmes, dans les heures de loisir, avec la filasse des vieux cordages hors de service.

Méthode de M. John Curr.

738. M. *John Curr* construit des cordages plats, très-utiles dans l'exploitation des mines et dans les travaux où l'on fait usage de grands treuils et cabestans. Il range de front plusieurs torons, ou aussières, de douze à quinze lignes de diamètre. Ces cordes se touchant latéralement, il les assemble en les cousant avec du fil, du cordon, et même du fil d'archal, selon la destination de la corde : le tout étant terminé représente une espèce de courroie. Comme il faut, dans cette opération, un degré de force considérable pour percer les tourons ou aussières, il se sert de la machine représentée fig. 3 (Pl. XXV).

739. A l'aide de deux leviers *rr*, armés d'une grande alêne

o, on fait des trous à travers les cordes, dans lesquels on introduit ensuite le fil, qu'on serre fortement après l'avoir tiré à travers chaque trou. A mesure que la corde plate est cousue, on la fait avancer de la longueur d'un point, au moyen d'une pince ou étau *k*, attaché à la chaîne *ff*, qui, après avoir passé sur la poulie *q*, s'enveloppe sur le treuil *a*, mû par un levier *m*. Des roulettes resserrent et retiennent le cordage latéralement, et des cylindres horizontaux sont destinés à le comprimer verticalement.

Les leviers *r r* sont soutenus par des rouleaux qui se meuvent sur des pièces horizontales.

740. La méthode de M. *John Curr* ne présente point les inconvéniens qui accompagnent celles de *Musschenbrock*, et elle donne des cordes plates de toutes dimensions, qui réunissent la solidité, la force et la flexibilité. Il serait à désirer qu'elles fussent plus connues, et que leur fabrication devînt plus commune.

Machines pour ourdir les fils, de M. Belfour.

741. On sait combien il importe, pour la bonté des cordes, que dans l'ourdissage les fils soient également étendus. M. *Belfour d'Elseneur*, a imaginé, en 1793, un *support des tourets* (695), ou dévidoir, d'une construction fort ingénieuse, et qui a l'utile propriété de ne délivrer les fils qu'autant qu'ils sont appelés dans l'opération du commettage à former par une torsion égale leur part dans la confection du touron.

Support des tourets, par M. Belfour.

742. La fig. 14 (Pl. XXIII) représente cette machine, composée d'un très-fort châssis A A A A, destiné à contenir les *tourets b b b b* (685), sur chacun desquels est roulée une

partie du fil de caret qui doit former le cordage. Les extrémités de ces fils sont attachées aux crochets qui tortillent les tourons. Sur le devant de ce châssis, on place un grillage CCCC, qui se meut sur des roulettes; l'usage de ce grillage est de guider les fils pour empêcher qu'ils ne s'introduisent dans l'intervalle des dévidoirs, et enfin, pour que ces derniers se remplissent partout d'une manière égale. Le grillage reçoit un mouvement de va-et-vient d'une roue E, fixée sur un des côtés du châssis AAAA.

743. Le nombre des tourets employés pour former un touron, ou le neuvième d'un câble de 28 pouces, est de 297, qu'on peut placer dans le châssis sur onze axes chacun, contenant 27 tourets; la hauteur du châssis ainsi rempli est de 2 mètres et demi sur 4 de largeur.

744. Les extrémités des axes sont taraudées pour recevoir des écrous *oooo*, qui servent à les fixer. Un montant perpendiculaire PP, placé au milieu du châssis, soutient les axes pour empêcher qu'ils ne se ploient.

Les tourets sont séparés par des rondelles de cuir.

745. Des manivelles de fer KKKK sont placées aux extrémités des axes, et sont combinées ensemble par une barre de fer II, garnie d'une poignée G. On conçoit aisément qu'au moyen de cette combinaison, le mouvement de rotation qu'on communique à la poignée G est transmis simultanément, et de la même manière, à toutes les manivelles.

746. Le grillage mobile a autant de montans de fer qu'il y a de tourets sur chaque axe. Ces montans ont autant de trous qu'il y a de rangs de tourets. C'est par ces trous que passe chacun des fils de caret qu'on dévide. Deux traverses servent d'appuis aux montans, et les empêchent de fléchir. Pour empêcher que les fils ne s'introduisent dans l'intervalle

qui sépare les tourets, et pour que ces derniers se remplissent tous d'une manière égale, le grillage reçoit un mouvement de va-et-vient que la roue E, placée obliquement, lui communique. Cette roue entre au milieu de deux branches d'un crochet de fer *x* (dont on voit séparément le plan en *y*). La roue pousse alternativement un de ces crochets, qui sont espacés autant qu'il le faut pour que le cadre puisse avoir un mouvement égal à la longueur d'un touret, et puisse faire promener le fil de caret dans la longueur exacte de chaque fuseau. La roue dentée *p* engrène avec le pignon *q*, adapté à l'extrémité d'un des axes des tourets, lequel porte à son autre extrémité une manivelle, combinée avec toutes les manivelles des autres axes, au moyen de la règle de fer *y*. Par cette combinaison ingénieuse, lorsqu'on fait mouvoir la manivelle F, ou bien la poignée G, tous les axes tournent à la fois, et en même temps le cadre CCCC se meut latéralement avec un mouvement de va-et-vient. Ce mécanisme est mis en action lorsqu'on veut charger les tourets, c'est-à-dire, lorsqu'on veut y placer avec régularité les fils de caret; le succès de l'opération subséquente dépend surtout de la précision de cette première manœuvre.

747. Avant de commencer le dévidage, il faut resserrer les tourets de manière qu'ils ne puissent tourner que simultanément et avec leur axe. Les écrous *ooooo* servent à cet usage, comme nous l'avons déjà dit. Lorsque le dévidage est fini, on relâche les écrous, et alors chacun des tourets peut tourner librement, et indépendamment des axes. Chaque écrou a quatre petits mentonnets, qui donnent la facilité de les serrer et desserrer à la main, sans avoir recours à une clef. (Ces mentonnets ne sont point indiqués dans la figure.)

748. Cette machine remplace le chariot à commettage que

l'on emploie dans la méthode ordinaire. On sait que ce chariot avance à mesure du tortillement. Cette machine, au contraire, reste ferme; et, à proportion que le touron est tortillé, chaque touret tourne séparément, plus vite ou plus lentement, suivant le cercle que chaque fil de caret y occupe.

749. L'expérience a prouvé que des cordes de deux pouces de circonférence, construites par cette méthode, acquièrent au moins un quart de force de plus qu'étant fabriquées à la manière ordinaire, et que cet accroissement de force est plus considérable en raison de l'augmentation des dimensions du cordage. Elles sont en outre plus durables, et moins sujettes à casser pendant la manœuvre.

Châssis à séparer de M. Belfour.

750. M. *Belfour* a remplacé les chevalets ordinaires des corderies (699) par un châssis destiné à tenir chaque fil libre et indépendant des autres, pendant qu'on tortille ou que l'on commet les tourons, et il faut en avoir un pareil pour chaque quinze ou vingt brasses de fil que l'on a à tortiller.

Un cadre entre à coulisse dans son support, où il peut glisser librement, et on l'arrête à l'élévation convenable par des boulons. Ce cadre est composé de plusieurs montans de bois, de deux centimètres d'équarrissage; il est ouvert en haut, pour qu'on puisse y introduire les fils avec plus de facilité. Il est garni de traverses horizontales, dont le nombre doit égaler celui des axes de la machine précédente. Ces tringles traversent des trous pratiqués dans des lames de fer placées de chaque côté des grands montans, de manière qu'on puisse les ôter et les remettre à volonté, lorsque le besoin le requiert. Supposons qu'on veuille ourdir une grosse corde, toutes les tringles sont dehors; les ouvriers conduisent le premier rang des fils au bout

de la corderie, en les faisant traverser les barres; on introduit aussitôt une tringle, et on répète cette manœuvre jusqu'à ce que le châssis à séparer soit rempli. Quand il y a assez de corde fabriquée, et que le toupin approche de très-près de la machine, l'ouvrier retire d'un coup les tringles, ôte ensuite les boulons qui retenaient la semelle du câdre; il reploie les montans, qui sont à charnière, retire de dessous les fils, le châssis ainsi abaissé, et les abandonne libres à un autre châssis placé à quinze brasses environ en arrière.

Pince de M. Belfour.

751. Pour empêcher que le touron ne se détortille après le commettage, M. *Belfour* a imaginé une pince qui se visse sur son extrémité, et le retient dans cette position jusqu'à ce qu'on le transporte à la grande manivelle pour commettre définitivement le câble.

Machine à commettre de M. Chapman. (*a*)

752. La manière ordinaire de fabriquer des cordages exige une très-grande étendue de terrain; le *chariot* ou carré (715) avance à mesure que le câble se raccourcit. Par la méthode de M. *Chapman*, les distances entre l'extrémité des tourons et l'endroit où le câble est commis sont fixes et invariables; par conséquent, la torsion est plus égale, puisqu'elle agit sur une distance moins longue. La corde est tordue au moyen d'un tambour, ou arbre creux, faisant une révolution sur son axe, en même temps que les tourons, qui forment partie du cordage, sont tordus par des arbres séparés, également perforés comme celui que nous venons de citer, et tournant sur des axes séparés. Ainsi, le cordage est

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 10.

non-seulement *commis*, mais encore *lové* par le mouvement de la machine.

753. Quoique l'action du commettage et l'opération par laquelle on fait rouer le câble se fassent simultanément par le mouvement de la machine, exécuté par le même arbre, on peut, à volonté, détacher cette partie du mouvement, pour la combiner avec toute autre partie du mécanisme.

754. Chaque touron occupe un autre arbre, faisant la révolution uniquement à l'entour de son axe; cet arbre contient à son extrémité les fils de caret dévidés sur des bobines.

Sur chacun des arbres qui tournent les tourons, les tours de cordages se dévident successivement, du côté de l'arbre ou tambour où le câble se commet; l'autre extrémité se plie continuellement en cercle, sur une plate-forme qui reçoit un mouvement de rotation de la machine, ou bien elle s'enveloppe sur un grand dévidoir.

755. Le mécanisme de M. *Chapman* ne se borne pas au procédé que nous venons d'indiquer; il l'applique, en général, à toute espèce de cordes ou aussières, en plaçant chaque fil de caret comme si c'était des tourons, en disposant autant d'arbres à fil qu'il lui en faut, et en leur donnant un mouvement de rotation par des courroies.

756. Fig. 4 (Pl. XXV). — *a* table ou plate-forme avec autant de supports ou montans de fer *b b*, qu'on jugera nécessaires pour soutenir les bobines de fil de caret; chaque bobine doit tourner sur son axe, comme on voit plus distinctement fig. 5, de manière à ce que tout le fil puisse se dévider en se tendant vers le milieu ou centre de l'axe. Il faut autant de plate-formes qu'il y a de tourons dans le cordage; chaque table est fixée sur un arbre creux, qui a un mouvement de rotation à l'entour de son axe. Les fils qui composent un touron, ou, dans le cas du

commettage des câbles, le touron lui-même, passent à travers l'ouverture de cet arbre creux; dans cet arbre se trouve une ouverture transversale un peu plus grande que le trou longitudinal; c'est dans cette ouverture qu'on place deux blochets de bois dur, exactement opposés l'un à l'autre, de manière que, quand on presse ces blochets par des ressorts ou par des poids, ils peuvent toujours exercer une pression suffisante pour que la torsion des fils ou des tourons puisse s'opérer avant de passer ces blochets.

757. L'usage de ces pièces est de donner aux cordages une résistance qui sera égale à la force nécessaire pour faire avancer le chariot dans le commettage ordinaire, dont elles font aussi les fonctions.

Les arbres à tourons tournent tous dans le même sens, et d'une manière uniforme; le mouvement de rotation est communiqué par un arbre vertical *c*, dont la roue *b* engrène dans les roues dentées *g*, fixées sur chaque arbre à tourons.

758. Ces arbres sont placés aussi près que possible les uns des autres, afin que les tourons qui partent de leurs extrémités puissent se réunir dans un point commun, en passant par-dessus un blochet conique de bois *h*, où on a entaillé autant de rainures qu'il y a de tourons dans le cordage.

759. Entre cet arbre et le blochet à commettre, on place un cylindre creux *i*, de la grosseur de la corde qu'on veut faire; le dessus de ce cylindre peut être évasé en trompette, afin de recevoir l'extrémité inférieure du blochet à commettre. C'est dans ce cylindre que les tourons se réunissent et deviennent cordages.

760. L'arbre à cordage est percé dans sa partie supérieure, mais n'a point de blochets à comprimer, ou de rouleaux pour retarder les progrès de la corde; il se trouve, au contraire, deux poulies ou roues qui tournent facilement sur leur axe,

afin de donner un libre passage à la corde en même temps qu'elles la forcent de se tordre également. Ces poulies doivent être cannelées, afin d'empêcher la corde de faire un tour à côté. Les poulies sont forcées à tourner par l'action du cordage qui se retire du blochet à commettre, ce qui produit ici à peu près le même effet que le toupin dans le commettage ordinaire.

761. M. *Chapman* a imaginé un moyen pour faire les tourons séparément. Les fils de caret nécessaires pour former un touron sont dévidés sur un nombre de tourets égal à celui des fils qu'on emploie, et ces tourets sont placés sur des axes verticaux, ou fixés entre des supports, de manière toujours à ce qu'ils puissent faire leur révolution à mesure que le fil est dévidé. Les fils sont ensuite tordus ensemble pour former un touron, et on le tire en avant, à mesure qu'il se fait, par un axe tournant. Cet axe est placé dans la position nécessaire, mais les tourets n'y sont point fixés. Les fils ainsi convertis en tourons sont roués par quelques-uns des procédés en usage; ensuite, on emploie ces tourons pour la fabrication des câbles.

762. Une autre méthode, également de M. *Chapman*, exige très-peu d'instrumens au-delà de ceux qu'on emploie ordinairement dans les corderies. A l'extrémité de l'atelier il établit, sur des chevilles à dévider, le nombre de bobines nécessaires à fabriquer un touron; il fixe alors à trois crochets sur le devant du chariot autant de fils qu'il le juge à propos, en les concentrant les uns vers les autres. On fait préalablement passer les fils à travers les ouvertures des guide-fils ou des toupins percés, dont un correspond ou se trouve placé vis-à-vis de chaque crochet. En avant de ces toupins, vers le chariot, on fixe un cylindre qui empêche les fils de se dévider trop vite de leurs bobines, en exerçant une pression quelconque, soit sur les

fils, soit sur les bobines. Les cordiers, alors, font tourner les crochets à la manière ordinaire, et la seule différence qui se trouve dans la manœuvre est que le chariot est retiré progressivement en arrière à mesure que le touron se forme, au moyen d'un cabestan ou d'un mécanisme quelconque, jusqu'à ce que la longueur nécessaire soit fabriquée. Les tourons étant faits, il ne reste qu'à les commettre en câble par les procédés ordinaires, en les réunissant tous trois sur un seul et même crochet.

Machine à commettre de M. Huddart.

763. M. *Huddart* a établi à Londres une très-belle corderie, où les cordages sont tordus et commis par l'action de la vapeur. La machine à commettre dont il se sert est construite d'après le principe de l'égale tension de tous les fils.

Les fig. 1 et 2 (Pl. XXV) représentent cette machine, dans laquelle les fils de caret sont tenus séparément dévidés sur les tourets, auxquels on donne une révolution dans le sens nécessaire, pour maintenir le tors du fil, tandis que le touron se commet. De ces tourets, le fil passe à travers un registre percé de trous disposés dans un ordre circulaire, chaque rangée étant dans une proportion qui est en rapport avec leur distance du centre du touron et de l'angle formé par le fil pendant le commettage. Ensuite, M. *Huddart* a disposé un tube en cylindre à compression qui maintient la forme cylindrique du touron. Un jauge détermine l'angle qui doit être donné aux fils de caret qui forment la couche extérieure du touron, avec une ligne parallèle au centre du touron pendant le commettage, de manière que cet angle puisse servir à déterminer la longueur de tous les fils dans le touron. Enfin, en réglant d'après ces principes les angles de chaque fil, les hélices dé-

crites par les fils durant le commettage seront toujours distribuées également dans tout le cordage.

764. Sa machine est placée dans un cadre tournant 1 1 1 1; à ce cadre tournant sont adaptés deux systèmes d'engrenage, dépendans l'un et l'autre. L'engrenage 2 2 2 2, composé de huit roues dentées, règle le mouvement du tambour *b*, placé au-dessus du grand tambour ou dévidoir *a*. Sur la surface cylindrique du tambour *b*, sont tracées des portions de spirales 3 3 3 3, qui s'entrecoupent et forment des rainures dans lesquelles se meut un support à rouleaux qui soutient le touron, et le dirige, afin qu'il puisse s'envelopper régulièrement sur le dévidoir *a*. Un second engrenage 5 5 5 5, composé de six roues dentées, dont deux angulaires, reçoit le mouvement que deux poulies *c* et *d* lui communiquent, à l'aide d'une corde sans fin. On remarque dans cette machine deux sortes de mouvemens; l'un est un mouvement de rotation du châssis et de tous les organes qu'il contient. Ce mouvement, qui a pour but de tordre le cordage, est produit par un moteur qui agit sur la manivelle *m*. Le second mouvement, dont l'objet est d'envelopper régulièrement le cordage sur le treuil *a*, s'effectue par l'action d'un moteur qui agit sur la manivelle *z*. On conçoit que la rotation du treuil *a* doit nécessairement produire celle de toutes les roues qui composent l'engrenage 2 2 2 2, et conséquemment celle du tambour *b*. Cette même rotation du treuil *a* met en mouvement les deux poulies *c* et *d*, destinées à mouvoir l'engrenage 5 5 5 5, qui, en faisant tourner le cylindre 8, tord le cordage pendant qu'il s'enveloppe sur le treuil *a*.

765. Que l'on suppose maintenant que *y y*, fig. 1, indique un registre ou barre percée d'autant de trous qu'il y a de fils de caret; que ces fils correspondent à des bobines qui ne sont point indiquées dans la figure : ces fils se réunissent dans le

tuyau *r*, passent dans un second tuyau *ss*, et vont aboutir aux cylindres *cd*, qu'ils entourent à mesure qu'ils se commettent ou entortillent par le mouvement rotatoire du châssis. Les deux cylindres sont nécessaires pour bien les retenir, et pour éviter que le touron ne glisse pendant l'opération en passant au dévidoir *a*. Ainsi, le mouvement de la manivelle *m*, qui peut être mue par un moteur quelconque et celui de la manivelle *z*, produisent : 1°. le commettage par la rotation du châssis et de toutes les parties qui y sont annexées; 2°. le dévidage régulier du touron sur le tambour *a*. Les engrenages 2222 et 5555, servent à régler ce dévidage, et à déterminer le degré de torsion que l'on veut faire acquérir à ce touron, degré que l'on peut facilement faire varier en changeant quelques-unes des roues dentées.

Goudronnage des cordes.

766. La plupart des cordages que l'on emploie pour la marine sont imbus de goudron, ce qui les fait appeler *cordages noirs*. Il y a diverses méthodes de goudronner les cordages. Dans quelques ports de mer, on ne les pénètre de cette substance résineuse qu'après qu'ils ont été commis; dans d'autres ports, on passe les fils dans le goudron avant de les réunir pour en former des cordes, et l'on suit encore différens procédés pour goudronner les fils.

Goudronnage par immersion.

767. On fait les fils et on les commet comme si les cordages devaient rester en blanc; on roule les pièces de cordage, et on les amarre avec des liasses, avant de les porter à la *goudronnerie*.

La goudronnerie est un édifice construit avec solidité, et mis à l'abri, autant qu'il est possible, des dégâts que pour-

raient y occasioner les incendies qui s'y propagent avec facilité; il faut surtout faire en sorte que ces incendies, s'ils ont lieu, ne puissent endommager ni les bâtimens environnans, ni la corderie, qui contient une si grande quantité de matières éminemment combustibles. A cet effet, il est désirable que les goudronneries soient complétement isolées, que leurs toits reposent sur une voûte en maçonnerie, que les portes et les volets soient revêtues de lames métalliques, pour qu'on puisse, en cas d'accident, renfermer le foyer de l'incendie dans l'intérieur du bâtiment, et lui fermer toute issue extérieure. C'est avec de semblables précautions que la goudronnerie de Venise a été reconstruite après l'incendie de l'an 1812, qui a dévoré l'ancienne, et a failli détruire la magnifique corderie dont nous avons parlé (672).

768. On réserve ordinairement, au bout des goudronneries, un retranchement qui forme une étuve; au rez de chaussée de cette étuve sont quatre corps de poêles. L'intérieur de l'étuve est divisé en trois étages, par des planchers de grillage. On met les plus gros cordages sur le plancher le plus bas, ceux de moyenne grosseur sur le second plancher, et les plus petits sur celui qui est le plus élevé. Il y a à chaque étage une petite fenêtre, qu'on tient exactement fermée avec de doubles ventaux, quand on chauffe l'étuve, et en bas une porte pratiquée pour entrer dans le rez de chaussée; elle ferme aussi avec de doubles ventaux.

769. L'étuve est séparée du reste de la goudronnerie par une espèce de corridor, et la communication de l'étuve au corridor est établie par des portes qui ont doubles feuillures et doubles ventaux. Dans l'embrasure de ces portes, il y a des rouleaux pour faciliter le transport des cordages de l'étuve à la goudronnerie. Comme dans ce trajet il ne faut pas

que les cordages se refroidissent, on établit quelquefois dans ce corridor un poêle.

770. Dans la goudronnerie, est une chaudière de cuivre carrée, et montée sur un massif en maçonnerie; le fond en est soutenu par des barres de fer et des montans; il y a deux feux pour chauffer le goudron qui est dans cette chaudière. Auprès de la chaudière est un plan incliné nommé égouttoir, parce que c'est en cet endroit que les cordages se déchargent de ce qu'ils ont de trop de goudron, qui se rend dans une barrique.

771. Quand on veut goudronner un câble, on le transporte au premier étage de l'étuve, on le roue sur le plancher de grillage, on allume les poêles, on ferme les portes ainsi que les fenêtres, et on laisse la chaleur de l'étuve pénétrer le cordage, qui, en même temps, se dessèche parfaitement. Quand on juge qu'il est suffisamment chaud, on le tire de l'étuve; on le roue, et on l'amarre sur un grillage de bois. Le cordage roué et amarré sur ce grillage, est descendu dans la chaudière par le moyen de palans, et on allume un petit feu dans les fourneaux pour entretenir le goudron chaud, afin que le cordage s'en pénètre bien intimement. Quand on juge qu'il est suffisamment pénétré, on le tire de la chaudière sur son grillage, à l'aide de palans, et on le pose sur le plan incliné en égouttoir; cet égouttoir est revêtu de cuivre. Quand il s'est suffisamment égoutté, on le porte au magasin des cordages.

772. Les petits cordages s'étuvent, se chargent de goudron et s'égouttent comme les gros; la seule différence est qu'ils sont plus aisés à manier, et par conséquent qu'ils sont plus tôt goudronnés.

Goudronnage en fil.

773. Par cette méthode, les fils sont goudronnés avant le commettage. Dans quelques corderies, ce goudronnage se fait en mettant deux *tourets* vis-à-vis l'un de l'autre, un chargé de fil blanc, l'autre vide, et entre deux, une auge longue, au fond de laquelle est une traverse de fer, sous laquelle on passe le fil pour l'obliger de tremper dans le goudron. On attache le bout de fil blanc au touret vide, et en le faisant tourner on le charge de fil, qui se goudronne en même temps que le touret sur lequel était le fil blanc se décharge; et à mesure que le goudron qui est dans l'auge se consomme on y en remet d'autre, qu'on puise avec une grande cuillère de fer dans une chaudière de cuivre montée sur un fourneau qui est à portée des deux tourets. Ce fil, par cette méthode, se chargerait de goudron plus qu'il ne convient; mais, afin qu'il en conserve moins, on l'entortille, au sortir du bassin où est le goudron, par plusieurs tours d'une corde qu'on nomme *livarde*. Plus on fait de tours de livarde, plus le fil se décharge du goudron qu'il a pris. Quelquefois, pour le décharger encore plus, on le fait passer sur une espèce de brosse de crin.

774. On laisse les fils goudronnés sur les tourets pendant quinze jours ou trois semaines avant de les commettre au cordage, et cela pour que le goudron pénètre mieux dans l'intérieur des fils.

775. Dans quelques corderies, on fait passer le fil dans le goudron au sortir des mains du fileur, sans le mettre d'abord en blanc sur un touret. Par cette méthode, les brins de chanvre sont couchés à la goudronnerie dans le même sens qu'ils l'avaient été par la main du fileur; les filamens ne se sont point hérissés, ils se sont exactement appliqués les uns sur les autres,

et le fil est mieux lissé sans être autant chargé de goudron ; mais, pour goudronner les fils au sortir des mains du fileur, il faut que la goudronnerie soit dans la corderie même, au milieu des étoupes, et on est continuellement en danger d'un incendie. D'ailleurs, pour que le fil prenne bien le goudron, il faut qu'il soit sec, et on sait qu'il a toujours un certain degré d'humidité immédiatement après la filature.

776. La méthode que nous allons décrire est moins dangereuse. Lorsque le fileur, après avoir filé son fil, est arrivé au bout de la corderie, il en amarre le bout à un touret placé à cette extrémité de la filerie; il lui fait faire plusieurs tours de livarde, et il le charge de pierres. Quand son fil est ainsi disposé il en avertit par un cri, et alors un ouvrier, qui est à l'autre bout de la corderie, auprès de la molette où ce fil a été commencé, ôte le fil de la molette, l'attache à un émerillon, et apporte le bout de ce fil, à mesure qu'on le dévide, sur le touret. Pendant ce temps, le fileur commence un autre fil à un des rouets qui est au bout de la filerie où il a fini son premier fil. Par cette méthode, le fil passe par la livarde à rebrousse-poil; on le porte ensuite à la goudronnerie, où on le fait passer dans le goudron et dans une nouvelle livarde, de manière que les filamens qui se sont hérissés dans la première opération se lissent dans la seconde.

Meule à goudronnage de M. de Pontis.

777. Une meule de bois, garnie d'une manivelle, est placée au-dessus d'une auge pleine de goudron fort chaud, de façon que la meule ne trempe dans le goudron que par sa partie inférieure. On conçoit qu'en tournant la roue, toute la circonférence de la meule se charge successivement de goudron. Cette meule est un peu creusée en gouttière dans le sens de sa largeur,

à peu près comme un rouet de poulie, mais moins profondément. Si on fait passer un fil à goudronner sur cette meule, il se chargera d'un peu de goudron. Au moyen de cette meule, le fil prend beaucoup moins de goudron que par les différentes méthodes dont nous avons parlé.

Le fil, après avoir passé sur la meule, traverse une livarde qui étend le goudron avec plus d'uniformité.

778. Un des avantages de ce procédé est de faire prendre plus ou moins de goudron au fil, suivant qu'on le juge convenable; car si on fait ensorte, au moyen d'une petite poulie sur laquelle passe le fil, qu'il ne fasse qu'effleurer la meule, il est certain qu'il ne prendra de goudron que sur une partie de sa circonférence, et en passant par la livarde, il s'étendra et couvrira toute la surface du fil. Si l'on veut, au contraire, que le fil se charge de beaucoup de goudron, on disposera la petite poulie de façon que le fil appuie sur une plus grande partie de la circonférence de la meule; car on peut, si l'on veut, lui faire embrasser un quart ou un tiers de cette circonférence; on est encore maître, en tournant la roue plus ou moins vite, qu'elle se charge plus ou moins de goudron. Mais aussi, en tournant le touret lentement et la meule vite, le fil frotte moins sur la meule que si elle tournait lentement et le touret fort vite. C'est en combinant différemment ces différens moyens, qu'on peut avoir du fil plus ou moins chargé de goudron, suivant qu'ou le juge à propos.

(*Fabrication du goudron.*)

779. Le goudron est la sève des plantes résineuses, principalement du pin, uni avec leur substance résineuse, dont une partie est réduite en huile fétide.

780. Pour extraire le goudron, on établit un grillage de fer

à deux décimètres au-dessus d'une pierre creusée dans le milieu, et qui, à un décimètre et demi au-dessus du fond de cette cavité, a un canal qui s'étend à quelques pieds de distance de l'extérieur du fourneau dont nous allons parler. Ce fourneau est établi sur cette pierre, creusée en cul de chaudron, et il est fait de pierres, de tuileau et de terre à four. On lui donne en dedans, et souvent aussi en dehors, la forme d'un œuf qui n'est ouvert que par le haut, et cette ouverture n'a que ce qui est nécessaire pour qu'on puisse arranger dedans le bois dont le fourneau doit être rempli.

781. On coupe des branches de pin de la longueur de quatre à cinq décimètres; on les fend par barreaux de trois, quatre ou cinq centimètres en carré, et on remplit bien exactement tout l'intérieur du fourneau avec ces morceaux de bois ainsi fendus, de sorte que les lits de bois se croisent : il faut que ce bois soit à moitié sec. On met dans l'axe du fourneau quelques gros morceaux de bois de pin, sec, et aussi par-dessus, pour que le feu s'y allume aisément, et qu'il se communique dans toute l'étendue du fourneau. L'art de l'ouvrier, qui dirige ce travail, consiste à faire en sorte que le feu ne s'éteigne point, et que le bois brûle sans former de flamme; car, s'il s'enflammait, il se consumerait sans presque rendre du goudron, et si la chaleur du fourneau n'était pas assez grande, le goudron ne suinterait pas.

782. On couvre la bouche du fourneau avec des pierres plates ou des tuiles et de la terre, pour qu'il ne forme point de flamme; mais il faut laisser assez de jour pour que le feu ne s'éteigne pas, et même pour qu'il conserve une certaine activité. Quand le feu est bien conduit, le goudron tombe et se réunit dans la pierre creuse qui est au bas du fourneau; les corps hétérogènes, qui sont plus pesans que le goudron, se

précipitent au fond du creux de cette pierre, et le goudron coulant se rend par un canal dans un réservoir qu'on a mis au dehors du fourneau pour le recevoir.

On finit par fermer exactement le dessus du fourneau pour éteindre le feu, et on trouve dedans le bois réduit en charbon. Il y a souvent dessous les pierres qui couvrent le haut du fourneau une suie noire qui est un vrai noir de fumée qu'on ramasse avec soin.

783. Le goudron doit être coulant, ayant cependant la consistance d'un sirop clair; il doit être gras entre les doigts, et un peu gluant. Il est plus fluide l'été que l'hiver, et on lui procure de la fluidité en le faisant chauffer.

Dans la fabrication du goudron, il ne faut pas employer le bois de pin trop sec, parce qu'on n'en obtiendrait qu'une petite quantité, et il serait fort épais. Si, au contraire, le bois était trop humide, on aurait peine à entretenir le feu dans l'intérieur du fourneau, et le goudron serait trop aqueux.

Effet que le goudron produit sur les cordages.

784. *Duhamel* a fait une longue suite d'expériences pour constater quels sont les effets que le goudron produit sur les cordages. Le détail circonstancié de ce travail important se trouve dans la seconde partie de l'*Art de la corderie perfectionné*.

785. Les principaux résultats de ces expériences sont les suivans :

1°. Les cordages prennent plus ou moins de goudron, suivant son degré de fluidité, suivant la méthode de goudronner les fils, la qualité du chanvre, et le degré de tortillement qu'on aura donné aux fils. Le chanvre doux se charge plus de goudron que celui qui est dur et ligneux. Le goudron pouvant être

regardé comme une substance étrangère aux cordages, qui augmente leur poids sans leur procurer de la force, il est avantageux que le fil soit bien enduit de goudron, sans en être surchargé. La quantité moyenne de goudron absorbée par un cordage est à peu près le quart du poids du fil blanc.

2°. Les cordages blancs sont toujours plus forts que les noirs; mais d'après plusieurs expériences, il paraît que les cordes qui sont très-chargées de goudron ne sont pas plus faibles que celles qui en ont été peu imbibées. En ce cas, le défaut des cordages très-chargés de goudron se réduit à être plus lourds et moins maniables que ceux qui le sont moins.

3°. Les cordes trempées dans du goudron bouillant sont aussi fortes que celles qui n'ont été imbibées que d'un goudron tiède.

4°. Le goudron affaiblit le chanvre, et il l'altère d'autant plus, que le cordage a demeuré plus long-temps goudronné. Des cordes qui avaient été affaiblies d'un sixième par le goudronnage, au bout de quatre années le furent de plus de moitié.

5°. On a continué, pendant près de cinq années, des expériences sur des cordes blanches et des cordes noires, qui ont été appliquées à un travail réglé et continué sans interruption, étant exposées au soleil, à la pluie, et à toutes les injures de l'air. Le résultat de ces pénibles expériences a été que les cordages blancs ont duré un quart plus que les noirs; ainsi donc, quand on destine des cordes à faire de grands efforts, il est mieux d'employer des cordes blanches que des goudronnées.

6°. Le goudron conserve les cordages qui sont exposés à être tantôt dans l'eau et tantôt à sec. Les cordes goudronnées par immersion sont, dans ce cas, préférables à celles goudronnées en fil. Différentes cordes furent mises alternativement dans l'eau de la mer pendant quinze jours, et dans un magasin aéré

pendant quinze autres jours, ce que l'on continua pendant long-temps.

Une partie de ces cordes étaient blanches; d'autres, goudronnées par immersion, et d'autres goudronnées en fil. On a reconnu que, lorsque les cordes blanches avaient déjà perdu plus que les quatre cinquièmes de leur force, et qu'elles étaient étripées et désunies dans toutes leurs parties, les cordes goudronnées n'avaient perdu qu'une petite quantité de leur force, et que cette quantité perdue était moindre dans les cordes goudronnées par immersion que dans les autres.

7°. Les cordages imbibés d'une substance hétérogène quelconque, perdent de leur force. L'expérience a démontré que les cordages pénétrés d'eau sont plus faibles que ceux qui sont secs, et que le suif et l'huile affaiblissent encore plus les cordages que le goudron, sans prolonger la durée de ceux qui seraient exposés aux alternatives de l'eau et du sec.

Tannage des cordes.

786. On a proposé, en divers temps, de tanner les cordages pour les rendres propres à résister à l'action de l'eau, sans les appesantir et sans les rendre plus roides par l'addition d'une substance résineuse. Les pêcheurs ayant communément l'habitude de tanner leurs filets et leurs cordes, l'utilité du tannage paraît très-probable. Les expériences rapportées par *Duhamel*, et quelques autres faites postérieurement, confirment cette probabilité, et font désirer des recherches plus suivies et des données plus positives sur cet objet, digne de fixer l'attention du gouvernement.

787. Le *tan* se fait avec l'écorce de différens arbres, et spécialement avec celle de jeunes chênes, qu'on détache du bois

dans le temps de la sève. On fait sécher cette écorce, on la réduit en poudre sous des meules verticales, ou avec des pilons que l'eau fait mouvoir; on la passe dans des cribles, et on remet sous la meule ou sous les pilons, les morçeaux qui n'ont pas pu traverser les trous des cribles.

788. Les tanneurs de filets ont des chaudières de cuivre montées sur des fourneaux de maçonnerie, et leur capacité est augmentée par une maçonnerie qui s'élève plus haut que leurs bords. On met dans ces chaudières deux mesures et demie d'eau sur une mesure de tan, qu'on place le premier dans la chaudière, et sur lequel on fait ensuite couler l'eau. On allume sous la chaudière un feu modéré, on brasse le tan avec l'eau, et quand la chaudière commence à bouillir, on la couvre avec des planches. Alors, on tire de la chaudière une partie du liquide qu'elle contient, qu'on dépose dans des tonnes, jusqu'à ce que la chaudière soit assez vide pour ne pas craindre que le liquide bouillant n'en surmonte les bords. On entretient le bouillon pendant quatorze, quinze ou dix-huit heures, et on répare l'évaporation avec la liqueur mise à part dans les tonnes.

789. Quand les tanneurs jugent que toute la substance du tan est délayée, ils retirent, avec un petit filet tendu sur un châssis de fer, le marc, qu'ils placent dans des paniers suspendus au-dessus de grandes tonnes où ils s'égouttent.

790. On met au fond de la chaudière les cordons neufs et les plus gros, puis les filets; on les laisse deux heures dans le liquide bouillant, puis on les retire avec un croc, et on y en met d'autres tant qu'il reste du liquide.

791. Quand on a retiré les cordes ou les filets, on les étend à l'air pour les faire sécher; il faut que le temps soit beau et doux; mais on peut, lorsque le temps est à la pluie, les con-

server en tas, à couvert, pendant plus de quinze jours, sans qu'ils se gâtent.

Épreuves des cordages.

Appareils de *Duhamel.*

792. *Duhamel* se servit de deux appareils; l'un pour les petites cordes, l'autre pour les gros cordages.

Premier appareil.

Duhamel fit d'abord attacher la corde qu'il voulait éprouver par un des bouts à un point fixe, et par l'autre au plateau d'une balance, qu'on chargeait de poids peu à peu, et autant qu'on le pouvait, dans des intervalles de temps égaux; mais il s'aperçut bientôt que toutes les cordes rompaient au point de suspension ou aux plis qu'elles faisaient en s'entortillant autour du clou. Pour remédier à cet inconvénient, il fit sceller dans une muraille un gros cylindre de bois; un peu plus haut et à côté de ce gros cylindre, il en fit sceller un petit, auquel on attacha la corde à éprouver; puis on la faisait passer sur le gros, d'où elle pendait verticalement, soutenant un plateau dans lequel on plaçait les poids. La corde faisant une grande révolution sur le gros rouleau, ne rompait plus au point de suspension, mais indifféremment dans toute la longueur.

Deuxième appareil.

793. Cet appareil est représenté, fig. 15 (Pl. XXIII). Il est composé d'une chèvre formée par la réunion de trois *mâts* ou *bigues* longues de cinq ou six mètres. Une forte romaine *b b* était suspendue à la chèvre; la queue ou le levier de la romaine était reçue dans une coulisse *d*, qui la tenait de niveau quand le levier reposait sur le fond de cette coulisse.

794. Le cordage qu'on voulait éprouver était *épissé* par les

deux bouts à deux cordes plus grosses, une desquelles marquée *a a* était accrochée à la romaine, et passait dans une poulie de renvoi, qui était au-dessous. La seconde répondait à la caliorne *y*, et le cordage à éprouver *x x* se trouvait entre les deux, dans une situation horizontale. Un cabestan *m* était combiné avec la caliorne *y*. Un échafaud, élevé de deux mètres, supportait un plancher sur lequel montaient les personnes qui dirigeaient les épreuves.

795. Cet appareil était très-commode; les mouvemens du cabestan, fort doux par eux-mêmes, l'étaient encore davantage au moyen des révolutions que le cordage faisait sur les poulies mouflées; ainsi, pour peu qu'on eût attention à faire virer le cabestan d'un pas égal, le cordage à éprouver était tendu également, dans des temps égaux, sans aucune secousse, et la force de cette tension était exprimée par la romaine. Les personnes qui étaient au haut de l'échafaud observaient le levier de la romaine, et aussitôt qu'ils le voyaient quitter son point d'appui, ils appuyaient dessus, pendant qu'un autre transportait le poids d'un ou plusieurs crans; ce qu'on répétait toutes les fois que le levier de la romaine quittait son point d'appui.

796. A côté du cordage qu'on éprouvait, il y avait une règle plus longue que le cordage, graduée dans toute sa longueur, et qui servait à connaître son allongement.

Au sommet de la chèvre était attachée une poulie sur laquelle passait une corde garnie de crocs à ses deux bouts, et qui servait à monter les cordages.

797. C'est avec cet appareil que furent effectuées les importantes et très-nombreuses expériences détaillées dans l'*Art de la corderie perfectionnée de Duhamel*. Déjà nous avons indiqué les résultats de celles qui avaient pour objet de constater les effets du goudron sur les cordages. Il nous reste

maintenant à faire connaître les autres, non moins intéressantes, dont le but était d'examiner quelles sont les qualités qui contribuent à augmenter ou à diminuer la force des cordages blancs. Avant d'énumérer ces résultats, il ne sera pas inutile d'indiquer les précautions prises par *Duhamel* pour donner à ces expériences la plus grande exactitude possible.

Précautions prises durant les expériences de Duhamel.

798. Malgré toutes les attentions qu'on mit à fabriquer les cordages qui devaient être soumis aux épreuves, il était rare que plusieurs de ceux de même espèce, égaux en poids et en dimensions, rompissent précisément sous la même charge; ce qui dépendait de plusieurs causes physiques, qu'il n'était pas difficile d'apercevoir, mais auxquelles il était impossible de remédier. Le plus souvent ces différences étaient peu considérables, mais quelquefois elles l'étaient beaucoup; et, comme dans les expériences comparatives, on aurait pu tomber sur un cordage très-fort, qui aurait fait porter un jugement trop favorable, ou, au contraire, sur un cordage très-faible, qui aurait fait naître des idées désavantageuses, *Duhamel* a toujours pris le parti de faire rompre six bouts de cordages pour chaque épreuve, et voici comme on procédait.

799. Si on avait à comparer deux cordages différemment fabriqués, on les faisait étendre l'un à côté de l'autre sur le plancher de la corderie, dans la même situation où ils étaient dans l'atelier du commettage; et comme l'extrémité des cordages qui était auprès du *carré* n'était jamais si bien fabriquée que le reste, on faisait retrancher environ sept mètres de chaque bout de tous les cordages; ensuite on coupait six bouts de chaque espèce, tenant toujours les cordages dans la même situation, les uns à côté des autres; ainsi, les bouts étaient d'autant plus

comparables, qu'ils avaient été pris aux mêmes endroits de chaque pièce.

On pesait ensemble les six bouts, et on divisait le poids total par six, pour avoir le poids moyen de chaque bout de cordage; enfin, quand on avait leur force, on additionnait le résultat des six épreuves, pour diviser ensuite cette somme par six, et en conclure la force moyenne de chaque bout; de cette façon, les défauts et les perfections devaient se compenser, et les comparaisons en être plus justes.

800. Lorsque *Duhamel* voulait éprouver des cordes faites avec du chanvre de différentes qualités, il faisait espader ces deux espèces de chanvre par le même homme; il les faisait peigner par la même main, et sur les mêmes peignes, recommandant à ces ouvriers de ne pas apporter plus de précaution pour l'une que pour l'autre. Ensuite, il les faisait filer en même temps, à la même roue, avec des molettes exactement semblables. A chaque fil, on faisait changer de chanvre au fileur, de manière que celui qui avait d'abord filé du chanvre de la première espèce, filait ensuite celui de la seconde, reprenait la première, puis retournait à la seconde, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on eût la quantité de fil jugée nécessaire.

Au commettage on avait grand soin d'ourdir au même point, de tordre également les tourons, de leur donner un égal raccourcissement, et enfin, de se servir du même chariot et du même carré avec la même charge.

Principaux résultats des expériences de Duhamel.

Cordages blancs.

801. 1°. Les cordes sont d'autant plus fortes, que le chanvre dont elles sont faites a été plus affiné; mais, à force de l'affiner

on augmente le déchet. Ainsi, on doit affiner tant qu'on gagne par l'augmentation du cordage ce qu'on perd par le déchet, mais il ne faut pas aller au-delà.

2°. Les cordes faites avec du fil plus tortillé qu'à l'ordinaire se sont trouvées très-faibles; celles faites avec du fil tortillé à l'ordinaire étaient plus fortes; mais celles qui étaient faites de fil moins tortillé étaient de beaucoup supérieures en force, et cette supériorité augmentait proportionnellement à la diminution du tortillement : ce qui fait conclure qu'il ne faut donner au fil que le degré de tortillement nécessaire pour que les filamens du chanvre ne puissent se désunir.

3°. Il est avantageux de filer fin, surtout quand le chanvre est bien affiné.

4°. Le chanvre mou et souple a besoin d'être un peu plus tortillé que celui qui est dur et rigide.

5°. La force d'une corde est toujours inférieure à celle de la somme des forces qu'ont les fils qui la composent.

6°. Le tortillement affaiblit beaucoup les cordes; il faut le modérer autant qu'il est possible sans nuire à la solidité de la corde. Des cordiers ont la coutume de tortiller les cordes jusqu'au raccourcissement d'un tiers de la longueur des fils, ce tortillement est trop fort, et il est plus avantageux de ne raccourcir que d'un quart ou d'un cinquième; les cordes gagnent, par cette diminution de raccourcissement, de la force et de la flexibilité.

7°. Un cordage commis un peu plus qu'au tiers avait perdu toute sa force par ce commettage trop serré, et un très-petit poids suffisait pour le rompre.

8°. Un cordage commis au sixième n'a point assez d'élasticité pour bien former la corde, qui perd presque tout son

tortillement sitôt qu'on l'a ôtée de l'atelier, et la force de ce cordage a été moindre que celle des cordages commis au cinquième.

9°. Les cordages commis au cinquième sont très-flexible, très-forts, et peu sujets à s'allonger; mais ils ont l'inconvénient de se détordre facilement; les tourons se décommettent; et quand, par le service, la superficie a perdu le lustre qu'elle a quand ils sont neufs, ils ont une fort mauvaise mine, et paraissent étripés. Voilà pourquoi on doit les réserver uniquement pour les opérations qui exigent des cordages vigoureux et d'une grande souplesse, et, pour la marine, on doit préférer les cordages commis au quart, ou bien ceux commis entre le tiers et le quart; ces derniers, quoique moins forts que ceux commis au quart, sont généralement préférés par leur belle apparence et par leur durée.

10°. On sait que, durant l'opération du commettage, on charge le *carré* d'un poids proportionnel à la grosseur de la corde; les cordiers ne suivent pas une méthode uniforme pour déterminer cette charge. Les uns placent sur le carré un poids égal au double du poids que doit avoir le cordage, en lui supposant une longueur de 120 brasses; d'autres mettent un poids d'une fois et demie celui de la pièce de cordage: les expériences de *Duhamel* lui ont indiqué que cette dernière méthode est préférable.

11°. Un cordage à quatre tourons est plus fort que celui à trois, et ceux qui ont cinq ou six tourons sont encore plus forts; mais la difficulté de bien construire ceux qui ont plus de quatre tourons fait qu'ils ne sont point en usage; et on a reconnu que l'avantage qu'on peut retirer de la multiplication des tourons s'évanouit, pour peu qu'on laisse glisser quelques défauts dans la fabrication de ces cordages.

12°. A toutes choses égales, les grelins sont plus forts que les aussières.

13°. Les grelins de seize torons sont plus forts que ceux de neuf.

14°. Les grelins sont moins perméables à l'eau que les aussières, et ils s'altèrent moins par les frottemens.

15°. Les grelins, comme les aussières, augmentent de force à mesure qu'on diminue le tortillement.

16°. Si l'on compare l'allongement des cordages mous et des durs, c'est-à-dire, de ceux qui ont été commis au quart et au cinquième, et de ceux commis au tiers, on observe que les premiers diminuent plus de grosseur que les autres, qu'ils s'allongent d'abord sous une petite charge; mais bientôt ils ne s'allongent presque plus jusqu'au moment de la rupture, au lieu que les autres exigent une charge plus forte pour s'allonger, et sous cette charge ils continuent de s'allonger progressivement, et acquièrent enfin *un plus grand allongement.* L'allongement moyen, pris sur quatre cordages de trois pouces de circonférence, commis au tiers, étant chargés de 4200 livres, a été de quatre pieds trois pouces, et la diminution de grosseur de ces mêmes cordages a été de trois lignes et demie.

L'allongement moyen, pris sur quatre cordages de même circonférence, commis au quart, étant chargés de 5187 livres, a été de deux pieds trois pouces, et la diminution de grosseur de ces cordages a été de quatre lignes et demie.

17°. Les cordages augmentent en force plus que proportionnellement au nombre des fils qui les composent.

18°. La force des cordages semble être proportionnelle au carré de leur circonférence. *Duhamel* a trouvé que l'analogie s'éloignait peu de l'expérience, et que c'était tantôt en plus et tantôt en moins; ce qui lui a fait penser qu'on pourrait,

par cette méthode, juger assez exactement de la force relative des cordages de différentes grosseurs, s'ils n'étaient point trop menus, et si tous étaient fabriqués suivant le même principe et avec la même qualité de chanvre.

19°. Les cordages augmentent en force plus que proportionnellement à leur poids. *Duhamel* fait observer que ses expériences n'indiquent point précisément de quelle quantité les cordages surpassent la force qu'ils devraient avoir proportionnellement à leur poids; mais cette supériorité s'est constamment fait apercevoir dans toutes les épreuves qu'il a faites; et il lui a paru que l'excédant de la force sur le poids est ordinairement d'autant plus considérable, qu'il y a plus de différence entre les poids.

802. Nous avons rapporté, dans le *Traité du mouvement des fardeaux*, liv. I, chap. 2, divers résultats numériques des expériences de *Duhamel*. Dans le même chapitre, nous avons décrit les épissures, nœuds, amarrages, et les préparations qu'on fait éprouver aux cordes pour les rendres aptes aux divers usages que l'on veut en faire.

Appareil de M. Hubert *pour éprouver la force des cordes.*

803. M. *Hubert* a perfectionné l'appareil de *Duhamel* (801), et il y a fait deux modifications remarquables. La première consiste dans la manière de faire mouvoir le poids curseur de la romaine le long du grand levier de cette romaine. Dans l'appareil de *Duhamel*, ce poids était transporté à main par un homme placé à côté de la romaine, tandis que deux ou trois autres appuyaient sur l'extrémité du levier, et l'empêchaient, pendant le déplacement du poids, de quitter sa position horizontale. Cette méthode était doublement vicieuse, parce qu'elle était pénible, et qu'elle exigeait la coopération de plusieurs hommes.

M. *Hubert* a supprimé ces deux inconvéniens d'une manière aussi simple qu'ingénieuse. Le poids curseur de la romaine est éloigné du point de suspension par un mouvement de va-et-vient qu'un seul homme met en jeu, et qui consiste dans un petit treuil horizontal, divisé en deux portions égales sur sa longueur; deux cordes s'enveloppent sur le treuil, l'une en sens contraire de l'autre, de sorte que, toutes les fois qu'on fait tourner le treuil, l'une se raccourcit de la même quantité dont l'autre s'allonge. L'une des cordes est attachée à un anneau adapté au poids curseur, l'autre passe sur une poulie placée directement en face du treuil, à quelque éloignement, et vient ensuite s'attacher, en se repliant, à l'anneau du poids. On conçoit facilement que, par cette disposition, lorsqu'on fait tourner le treuil dans un sens, le poids s'avance lentement le long du levier, sans jamais le quitter, et quand on le fait tourner en sens contraire le poids recule.

804. La seconde amélioration imaginée par M. *Hubert* est d'avoir substitué aux cabestans et aux moufles de *Duhamel* un treuil horizontal mû par un engrenage.

Le cordage que l'on veut éprouver est attaché, à son extrémité inférieure, à un autre cordage d'une plus grande force que la sienne, lequel, après avoir passé sur une poulie fixe, va s'enrouler sur le treuil horizontal qui est à hélice conique, et dont une des bases porte une roue dentée. Cette roue est menée par une vis sans fin, placée à l'extrémité d'un axe horizontal dont l'autre extrémité porte une grande roue verticale, ayant sa circonférence garnie de chevilles, auxquelles s'adaptent les mains des hommes employés à éprouver le cordage.

805. L'appareil de M. *Hubert* a été adopté par le ministre de la marine, et chaque arsenal de marine en possède maintenant un appareil semblable. Les principaux motifs qui ont déterminé

le ministre à l'adopter de préférence à tout autre, sont sa précision, sa simplicité, et le peu d'effort qu'il exige sur la roue à chevilles, relativement au degré de tension du cordage en expérience. Cet appareil sert, non-seulement à éprouver la force des cordages, mais aussi celle des toiles employées dans la voilure des vaisseaux.

Cordages et chaînes en fer.

806. Il ne faut point confondre les cordages métalliques avec les chaînes. Les premiers, composés de fils de fer ou de cuivre très-fins, sont *commis* à l'instar des cordes ordinaires de chanvre; les chaînes sont formées d'anneaux de formes diverses, entrelacés les uns avec les autres, ou bien, de plaques arrondies et oblongues, superposées plein sur joint, et réunies par des boulons qui les traversent.

807. La force des cordages métalliques est, à poids égal, bien supérieure à celle des chaînes. Les expériences de *Buffon*, faites sur des boucles carrées de fer, comparées à celles qu'il a faites sur les fils de fer tirés dans le sens de leur longueur (78), indiquent que la force des boucles n'est à peu près que la onzième partie de la force des fils, de même diamètre. L'exactitude de ce résultat paraît douteuse, et il serait à désirer que quelque savant laborieux voulût entreprendre des expériences analogues, faites avec tous les soins requis, et assez nombreuses pour mériter une entière confiance. Quel que soit néanmoins le véritable rapport qu'il y a entre la force d'une boucle de fer et du fil, il est indubitable que le fil doit être, à toutes choses égales, plus fort.

808. Si nous comparons les expériences de *Musschenbrock*, faites avec des parallélipipèdes de fer qui n'avaient que deux millimètres et demi de côté, avec celles de *Perronet*, faites sur des

parallélipipèdes dont le côté avait de 7 à 12 millimètres, on trouve que la résistance des uns est à celle des autres comme 52 est à 42 (78). On voit donc que plus un fil de fer est étiré, plus il a de force.

809. Un fil de fer, pour arriver à la finesse d'un millimètre de diamètre, est obligé d'éprouver une longue suite d'opérations, qui toutes tendent à épurer le métal, et à lui donner du nerf et de la flexibilité. C'est avec du fil de fer de cette dimension que l'on doit former les cordages auxquels on veut donner une grande force sous un petit volume. Un cordage de cette nature, commis avec soin, et ayant un décimètre de diamètre, sera capable de supporter un poids de plus de trois mille livres. Cette force est égale à celle d'un cordage ordinaire de chanvre, qui aurait un diamètre triple, et conséquemment un volume neuf fois aussi grand. Les cordes métalliques, faites avec des fils très-fins, ont une flexibilité suffisante pour être employées dans un grand nombre de cas; et je suis persuadé que dans les machines il serait souvent utile de les substituer aux chaînes.

810. Le commettage des cordes métalliques peut s'effectuer avec facilité au moyen de la petite machine décrite (722). Il faut d'abord tendre bien également tous les fils que l'on veut employer, ensuite on les sépare en trois ou quatre torons; on attache l'extrémité de chaque faisceau à un des crochets de la machine, et l'autre extrémité à un *émerillon* disposé comme nous l'avons indiqué (723); on tord les faisceaux ou torons, puis on place entre eux un toupin, et le commettage se fait en faisant avancer le toupin peu à peu.

811. La marine anglaise fait usage, depuis quelque temps, de câbles en fer, ou, pour mieux dire, de grosses chaînes en fer. Le capitaine *Brown* a établi à Londres une manufacture de ces câbles. Ils sont de deux sortes: les uns à chaînes plates, fig. 4

(Pl. XXIV), les autres à chaînons demi-tordus. Les premiers semblent plus propres à résister dans le sens de leur longueur, mais les derniers semblent plus facilement maniables. Ainsi les uns sont préférés pour tenir les corps morts dans les mouillages; et les autres pour être embarqués sur les vaisseaux.

CHAPITRE II.

Fabrication des ancres.

812. Les ancres, instrumens importans auxquels le salut des vaisseaux est confié, tiennent le premier rang parmi les ouvrages de fer forgé.

813. La forme de l'ancre est très-appropriée à l'effet qu'elle doit produire. On distingue dans une ancre la *verge*, les deux *bras* garnis de *pates*, l'*organeau* et le *jas*.

814. La verge *a a*, fig. 5 (Pl. XXIV), est une tige dont la coupe représente un parallélogramme à angles émoussés, et elle augmente de grosseur depuis le haut jusqu'au bas. Cette verge est percée, dans sa partie supérieure, d'un trou pour recevoir un gros anneau *b* que l'on nomme organeau; au-dessous du trou de l'organeau sont deux parties saillantes *c* placées sur les faces opposées de la verge, et appelées tourillons.

Les bras *d d* sont deux parties courbes, adaptées à l'extrémité de la verge; c'est sur ces bras que sont attachées deux plaques triangulaires *f f* appelées pates.

815. Entre les tourillons et l'organeau, on place le jas; c'est ainsi qu'on nomme une pièce de bois d'une longueur égale à

celle de l'ancre qui la croise, à angles droits, dans un plan perpendiculaire à celui des bras.

816. Le câble qui soutient l'ancre est attaché à l'organeau. Lorsqu'on la jette à la mer, sa pesanteur la fait tomber avec célérité au fond de l'eau; le jas, en faisant effort pour se maintenir dans une position horizontale, oblige une des pates de l'ancre de tomber perpendiculairement, et de s'accrocher dans le terrain. La pate s'y enfonce, et, à cause de la figure recourbée du bras, elle s'y engage de plus en plus, à mesure que le vaisseau, en tirant sur le câble, fait effort pour amener l'ancre à soi.

817. Il est essentiel que la fabrication d'une ancre soit telle, qu'elle fasse acquérir à toutes ses parties la plus grande tenacité possible. On manquerait complétement ce but, si on la construisait en fer fondu. On a essayé, sans succès, de les faire de loupes que l'on fondait ensemble par l'action de gros marteaux (*a*); on a reconnu que ces ancres se cassaient presque aussi aisément que si elles étaient de fonte, et on a abandonné une telle méthode. Après plusieurs autres tentatives, on a enfin adopté la méthode de composer la verge et les bras entièrement de fer doux par la réunion de plusieurs barres de fer, dont on forme des paquets de dimensions convenables; on les lie avec des bandes de fer, et on les soude ensemble à l'aide de la percussion et du chauffage.

818. Il y a deux méthodes d'effectuer le soudage des paquets de barres qui composent une ancre. Dans la première, la percussion se fait à force de bras; dans la seconde, elle se fait mécaniquement à l'aide des gros marteaux d'affinerie.

(*a*) La loupe est du fer fondu qui n'a pas encore été affiné, mais qu'on a un peu pétri sous le marteau.

819. La méthode du soudage des paquets, par la percussion à bras, est plus coûteuse que l'autre, et donne aussi des produits moins parfaits ; aussi, elle a été presque généralement abandonnée, et on n'en conserve encore l'usage que dans un petit nombre de ports. Par cette méthode, on ne soude que les barres, extérieures qui forment alors une espèce d'étui dans lequel les barres centrales sont renfermées ; au contraire, le soudage effectué par les gros marteaux est complet et parvient jusqu'au centre même du paquet. Il en résulte que le service des ancres forgées à bras n'est ni aussi sûr, ni aussi long que celui des ancres qui ont été soumises à l'action puissante des gros marteaux mécaniques; car il arrive souvent que la rouille, après avoir usé la surface soudée, ouvre des routes à l'eau pour pénétrer dans l'intérieur de la verge, et y exercer son action destructive.

820. La verge et les bras se forgent séparément. Pour la verge, on réunit d'abord un nombre suffisant de barres, étirées de manière qu'elles soient plus épaisses par un bout que par l'autre, à peu près de la même proportion que la verge doit diminuer de grosseur; le paquet de barres forme donc une espèce de pyramide tronquée, à base rectangle, fig. 17 (Pl. XXIII). On a soin de placer les barres d'un rang au-dessus des barres d'un autre rang,

821. Le paquet qui doit former la verge d'une grosse ancre étant une masse très-lourde, il a fallu imaginer des moyens prompts et faciles de le transporter alternativement de la forge au fourneau, et de le retourner dans tous les sens. A cet effet, on établit d'abord, à un bout du paquet même, une sorte de levier formé par une barre centrale *b* plus longue que les autres, et dont l'extrémité, recourbée en forme d'anneau, reçoit une barre de bois *c c*. On suspend le paquet ainsi préparé à une grue tournante, fig. 16 (Pl. XXIII). Cette grue doit être placée

dans un point intermédiaire, entre la forge et l'enclume, à peu près à égale distance de l'une et de l'autre. La branche horizontale *b b* de cette grue doit avoir assez de longueur pour conduire une partie de la verge dans le feu de la forge, et la déposer ensuite sur l'enclume.

822. Les fabriques d'ancres ont ordinairement trois feux, et conséquemment trois grues, chacune desquelles doit être placée de sorte qu'elle puisse se diriger à deux feux et à une même enclume.

823. L'axe tournant *a a* de la grue tourne en bas sur une crapaudine, et en haut dans un anneau. Le bras horizontal *b b*, étant fort long, et devant porter des poids considérables, doit être fortifié par un lien *c* et par deux tirans de fer *d*.

824. Ce bras porte, à son extrémité, une crémaillère dont la construction mérite d'être remarquée. Sa partie supérieure est un anneau, ou étrier de fer 1, qui peut parcourir toute la longueur du bras *b b*. Un fort boulon 2 traverse la partie inférieure de l'étrier 1 ; la tête du boulon peut tourner librement dans le trou où elle est insérée. Le boulon soutient la crémaillère 3, qui, d'un côté, porte l'anneau 4 traversé par le boulon 2, et de l'autre l'étrier 5 adapté à un crochet qui termine ce même boulon; ainsi la crémaillère peut monter et descendre librement le long du boulon, et elle est arrêtée au point convenable par l'étrier 5 qui entre dans sa dentelure. La crémaillère 3 se termine en une branche verticale qui soutient, à l'aide de l'étrier 6, un grand levier de fer 7 7.

825. C'est ce levier, qui saisit avec facilité la masse brûlante qu'on veut mouvoir. On insinue d'abord la petite branche recourbée sous cette masse, puis on la détache, soit du fourneau, soit de l'enclume, en pesant à l'extrémité de la longue branche droite, enfin, en poussant le levier, on fait tourner la grue. La

forme et la suspension de la crémaillère sont tellement combinées, qu'elles laissent la faculté au levier 7 7 de se mouvoir, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal.

826. En combinant l'action de la grue que nous venons de décrire, avec l'action du levier artificiel, formée sur le paquet même par la barre allongée et par sa traverse, deux ou trois ouvriers suffisent pour transporter et retourner dans tous les sens ce pesant fardeau.

827. Pour commencer le soudage du paquet qui doit former la verge, on le chauffe d'abord par le milieu, parce qu'en le soumettant à la percussion, les barres s'allongent également vers les deux bouts. Le paquet étant chaud autant qu'il le faut dans l'étendue de 3 décimètres environ, on le conduit sous le gros marteau; et, en tournant et retournant ce paquet, on lui fait prendre la figure convenable. On continue à échauffer et à forger de même le reste de la verge, on forme le carré ou la culasse qui est au petit bout; et, en finissant le gros bout, on l'amorce, c'est-à-dire qu'on l'aplatit, afin qu'on puisse plus aisément souder un bras de chaque côté.

828. On soude ensuite les *tourillons* ou parties saillantes qui servent à attacher le jas, et enfin on perce le trou de l'organeau. Pour cela, on fait chauffer le carré; on le porte sur l'enclume; on appuie et on retient perpendiculairement sur le carré un mandrin ou cylindre de fer, de diamètre égal à celui du trou qu'on veut percer, et alors on fait agir le gros marteau, qui contraint le mandrin à traverser la verge d'outre en outre.

829. La fabrique de l'organeau n'a rien de particulier; on arrondit à coups de marteau un morceau de fer fait de barres, on le fait passer par le trou de la verge, on le recourbe en anneau, et on soude ensemble ses deux bouts.

830. Pour former les bras, on dispose un paquet de barres

pyramidales comme on l'a préparé pour la verge. On soude les barres sous le gros marteau, on forme le rond et le carré du bras, et on amorce l'extrémité du rond pour le souder et le joindre avec la verge. A chaque bout de ce bras, on soude une longue barre qui donne au forgeron la facilité de le remuer dans la forge. On se sert au même usage, quand le bras est presque fini, d'un *ringard volant*. On donne ce nom à une barre de fer représentée fig. 18 (Pl. XXIII). Un des bouts est percé par un trou dans lequel on fait entrer une pièce de bois que le forgeron tient à deux mains. A quelque distance de son autre bout, ce ringard porte une espèce de lien de fer, et il y a de plus à ce même bout un demi-lien, dont les extrémités sont percées d'un trou dans lequel entre une cheville. On engage le bout du bras dans le lien; plus loin, on le saisit avec le demi-lien, on l'arrête avec la cheville; et, de cette façon, on ajuste au bras un ringard qui n'est pas soudé.

831. Quand il s'agit de souder ensemble les différentes parties d'un ancre, il faut deux grues. On chauffe les deux pièces presque fondantes vers les bouts qui doivent être appliqués l'un contre l'autre; elles ont chacune leur forge particulière; les deux grues portent chacune de leur pièce sur l'enclume commune où elles doivent se réunir. L'on applique l'un sur l'autre leurs bouts amorcés, et, à grands coups, on les contraint à ne plus faire qu'un corps.

832. Dans les machines où l'on travaille les ancres avec les marteaux à bras, on est obligé d'avoir recours à des machines capables de donner des coups plus violens, pour effectuer la réunion des parties de l'ancre. On en emploie à cet effet de deux sortes; 1°. des masses que l'on élève verticalement à l'instar des moutons à sonnette, et qu'on abandonne ensuite à leur propre gravité; 2°. de gros marteaux analogues à ceux des grosses forges,

et mûs par un certain nombre d'hommes qui les élèvent en exerçant leur traction sur des cordes horizontales.

833. Par la première méthode, indiquée fig. 19 (Pl. XXIII), sept ou huit hommes soulèvent une espèce de massue pesant environ 300 livres. Le manche de cette grosse massue est empoigné par un forgeron; il s'en sert pour la diriger pendant sa chute, et il la fait tomber, autant qu'il est possible, sur l'endroit à souder. Il faut que le forgeron soit très-vigoureux pour diriger cette massue.

On peut aussi élever par une sonnette un marteau tournant autour d'un point de suspension.

834. La fig. 6 (Pl. XXIV) représente un gros marteau mû par la traction horizontale de plusieurs hommes. Au moyen de cette machine, dix hommes font agir un marteau du poids de sept à huit cents livres. Dans les gros marteaux de forge, le moteur produit l'élévation, et la gravité du marteau produit la percussion; dans celui-ci, au contraire, le marteau s'élève de lui-même, et les agens moteurs agissent sur lui pendant la chute. *aaaa* est la cage qui sert de support au marteau x; le manche *bb* de ce marteau a son point de rotation en y, et est combiné avec le levier mobile *cc*, dont le centre de rotation est en z, un peu au-dessus du point y. Une chaîne d réunit le manche au levier, et un ressort *ff* est placé entre les deux. A la queue du levier *cc* est adaptée la crémaillère g, qui engrène avec la lanterne à *demi-garnie* h; l'axe de cette lanterne est commun à deux roues *ll*, dont une seule est indiquée dans la figure. Le poids de toutes les parties annexées à la queue du manche *bb* est supérieur à celui du marteau x, et conséquemment elles l'élèvent, et elles le forcent de demeurer dans cette situation jusqu'au moment où les moteurs le forcent à s'abaisser.

835. L'abaissement se fait au moyen des roues *l l* de la lanterne *h* et de la crémaillère *g*; car, si on fait tourner la roue, les fuseaux de la lanterne *h* rencontreront les dents de la crémaillère, et l'élèveront; cette crémaillère ne peut s'élever sans entraîner dans son mouvement le levier *c c* et le bras *b b*. Le bout antérieur du levier presse en même temps la partie du manche qui est en dehors, et contribue à augmenter l'effort qui tend à produire la percussion. Les hommes moteurs font tourner la roue en tirant horizontalement la corde *m m*, qui entoure la roue *l l*.

Le travail par ce marteau est très-lent, et son effet n'égale pas celui des marteaux de grosses forges, dont on trouvera une ample description dans le sixième *Traité spécial* qui fait partie de cet ouvrage.

836. Lorsqu'on est parvenu à souder la verge et les bras de l'ancre, il faut donner à ces bras une juste courbure. Pour effectuer cette opération, on assujettit, avec des cordes, la verge de l'ancre contre un pieu vertical. On allume le feu sous un des bras, et principalement vers l'endroit qui doit éprouver une plus grande courbure, c'est-à-dire, vers le *défaut de la pate*. On attache une corde à cette pate, et on la fait passer sur une poulie qu'on a eu soin d'arrêter contre la verge. Deux ou trois hommes, en tirant cette corde, contraignent le bras à se recourber.

837. On peut également effectuer cette opération de la manière suivante, fig. 5 (Pl. XXIV) : après avoir chauffé la partie à recourber, on passe une corde dans l'organeau, on attache les deux bouts de cette corde tendue à un étrier de fer, qui embrasse le bras proche du bec; cet étrier est retenu par une chaîne qui saisit les bras au défaut des ailes de la pate; ces ailes empêchent la chaîne de glisser. On passe ensuite

un levier entre les deux parties de la corde; plusieurs hommes appliquent leur force pour tourner le levier; ils tortillent les deux parties l'une sur l'autre, ce qui tire fortement le bras. La courbure qu'on tâche de donner aux bras de l'ancre est celle d'un arc de cercle de soixante degrés environ.

838. Pour que toutes les parties d'un ancre aient les formes et les dimensions requises, on trace son *gabarit* avant de le forger, c'est-à-dire, que sur une planche bien unie, on tire diverses lignes parallèles, dont les distances des unes et des autres donnent la largeur et l'épaisseur de chaque partie. A la forge, on a soin de mesurer fréquemment si la partie de l'ancre que l'on confectionne a les dimensions que donne le gabarit.

839. La fabrication des ancres exige, comme nous avons vu, un moteur puissant pour mettre en mouvement les gros marteaux, et pour faire agir les soufflets des fourneaux. Le moteur le plus convenable que l'on puisse employer à cet effet est un courant d'eau régulier. Aussi les fabriques d'ancres sont presque généralement établies dans des lieux qui jouissent de l'avantage d'avoir un semblable courant, quoique ces lieux soient fort éloignés des ports, et que le transport des ancres exige des frais assez considérables. En général, on ne fabrique dans les ports que les ancres de petites dimensions, et on radoube les grandes, c'est-à-dire, on répare celles qui ont été endommagées dans la navigation.

840. En Angleterre, dans le grand arsenal de Woolwich, M. *Rennie*, célèbre ingénieur, a construit une forge destinée à la fabrication des grosses ancres, où les machines sont mues par un *récepteur* à vapeur.

841. Le salut d'un navire dépend souvent de la bonté des ancres dont il est pourvu. Voilà pourquoi on les soumet ordi-

nairement à des épreuves qui ont pour but de s'assurer de leur force.

De toutes les épreuves, la meilleure est d'essayer séparément chaque barre qui doit entrer dans la composition de l'ancre avant la fabrication, pour s'assurer de leur bonté.

842. Dans quelques ports, on effectue l'épreuve des ancres en faisant un lit de vieux canons, ou d'autres gros morceaux de fer arrangés les uns auprès des autres. Près de ce lit on place une grue de trente à quarante pieds de haut; on élève l'ancre à essayer au haut de la grue, et on la laisse tomber tout d'un coup sur cette couche de ferraille. Elle est jugée bonne si elle résiste à cette épreuve, et mauvaise si elle se casse.

843. Une autre espèce d'épreuve consiste à enlacer les bras de l'ancre par des pilotis, et tirer obliquement la verge par un cabestan. Par cette traction oblique, on fait en même temps souffrir des efforts à la verge et aux deux bras.

844. La fabrication des ancres a été fort bien décrite par M. *Réaumur*, dans la *Collection des arts et métiers*, publiée par l'Académie, et *Duhamel* a ajouté des notes intéressantes à cet ouvrage de *Réaumur*.

CHAPITRE III.

Des poulieries.

845. On donne le nom de *poulierie* à un atelier très-important des arsenaux de marine, où l'on fabrique les *palans*, les *caliornes*, et toutes les nombreuses variétés de poulies employées, soit dans le grément des vaisseaux, soit dans le mou-

vement des fardeaux, soit, enfin, dans les diverses constructions navales. C'est aussi dans cet atelier qu'on fore les tuyaux en bois de toutes grandeurs, que l'on confectionne les vis, que l'on construit les roues dentées et celles non dentées, et, en général, que l'on fabrique les organes mécaniques en usage dans les travaux de l'arsenal et à bord des bâtimens.

846. Tous les travaux d'une poulierie peuvent se classer en trois catégories, à la première desquelles nous donnerons le nom de *sciage*, à la seconde celui de *tournage*, et à la troisième enfin celui de *forage*.

Nous ne nous occuperons que des deux dernières, puisque nous avons déjà parlé du sciage dans le quatrième chapitre du premier livre de ce volume.

847. Le tournage est, en général, une opération par laquelle on façonne la superficie extérieure d'une pièce de bois ou de métal, en faisant tourner cette pièce sur son axe, et en la soumettant à l'action d'un outil tranchant pendant qu'elle tourne.

848. Le forage consiste dans le percement d'une pièce quelconque, et il s'effectue souvent par des procédés qui ont beaucoup d'analogie avec ceux du tournage.

849. Les pièces que l'on soumet au tournage et au forage dans une poulierie varient beaucoup par leurs grandeur, forme et proportion, et elles exigent conséquemmeut une nombreuse suite de machines qui leur soient propres.

850. L'industrie est parvenue à soumettre toutes les machines d'une poulierie à un même moteur, quoique, par leur nature, elles exigent d'être indépendantes entre elles, et quoique leur travail soit sujet à des interruptions fréquentes et indéterminées.

851. On admire, à Portsmouth, une très-belle poulierie, où M. *Brunel* a établi plusieurs machines très-ingénieuses, qui sont mues par l'action continue d'un *récepteur à vapeur*. Ces

machines, qui sont en cuivre et en fer, occupent peu d'espace, et sont indépendantes l'une de l'autre.

852. Avant de décrire les machines d'une poulierie, nous allons nous occuper des méthodes au moyen desquelles on soumet simultanément un nombre quelconque de machines à un même moteur en leur conservant leur entière indépendance. Ces méthodes sont d'autant plus intéressantes, qu'elles sont applicables non-seulement aux poulieries, mais encore à tous les ateliers, quelque soit leur espèce, où l'on fait usage de plusieurs machines dont le travail est irrégulièrement intermittent.

Méthode de faire mouvoir un grand nombre de machines par un seul moteur, sans leur faire perdre leur indépendance mutuelle.

853. Le *récepteur*, c'est-à-dire, l'organe mécanique qui reçoit l'action immédiate du moteur est isolé, et séparé par une distance quelconque des machines auxquelles il doit communiquer le mouvement; chacune de ces machines est pareillement isolée, et parfaitement indépendante des autres; il s'agit de faire communiquer le récepteur avec les machines; mais il faut que la communication soit telle, que l'ouvrier qui dirige le travail de chacune d'elles puisse faire cesser cette communication et la rétablir instantanément toutes les fois qu'il le jugera convenable, sans que cela puisse troubler en aucune manière le travail des autres.

854. Ce problème paraît, au premier aperçu, presque inabordable, et on est tenté de croire qu'il n'est soluble que par des moyens très-compliqués; cependant rien n'est aussi simple que la solution qu'on en obtient par la méthode dont nous allons nous occuper.

855. Le premier mobile de chacune des machines, c'est-à-

dire l'organe, qui communique avec le *récepteur*, doit avoir un mouvement de rotation verticale, et conséquemment son axe doit être horizontal. Cette condition peut toujours s'obtenir, quelle que soit la nature de la machine, et quel que soit la qualité de mouvement dont sera affecté l'organe opérateur. Nous avons vu, dans le *Traité de la composition des machines*, que l'on connaît un grand nombre de moyens de transformer en mouvement circulaire vertical toutes les autres espèces de mouvement, soit circulaire horizontal, soit alternatif rectiligne, soit enfin alternatif circulaire, et nous avons indiqué la plupart de ces moyens, qui appartiennent au *second ordre* de notre classification.

856. A l'extrémité de l'axe horizontal de ce premier mobile, on adapte deux poulies contiguës, dont l'une, placée carrément sur cet axe, ne pourra tourner qu'avec lui; la seconde, au contraire, à *trou circulaire*, ne sera point adhérente à l'axe, et pourra tourner librement sans qu'il se meuve.

857. Le dernier mobile du récepteur sera pareillement un axe horizontal à rotation continue; j'ai dit le dernier mobile, parce qu'il y a des récepteurs simples qui n'ont qu'un seul organe, comme, par exemple, une roue hydraulique à aubes ou à augets, et il y a des récepteurs composés qui contiennent plusieurs organes; tels sont les *récepteurs à vapeurs*.

A cet axe horizontal du récepteur, seront adaptées autant de roues, ou, pour mieux dire, autant de grandes poulies qu'il y aura de machines à mettre en mouvement. Chacune de ces grandes poulies sera enveloppée par une lanière de cuir, qui se repliera également sur une des poulies de chaque machine. On conçoit que si le récepteur agit, et que la poulie enveloppée soit celle qui est fixe, la machine tournera; et que, si la lanière enveloppe la poulie libre, alors la machine sera

immobile, quoique le récepteur continue à agir. Ainsi donc, pour faire travailler la machine lorsque le récepteur est en mouvement, il suffit de placer la lanière sur la poulie fixe, et, pour interrompre le mouvement, il suffit de faire passer la lanière de dessus la poulie fixe sur celle qui est libre, et, par ce simple passage de l'une à l'autre, on pourra interrompre et rétablir la communication du mouvement toutes les fois qu'on le jugera à propos.

858. Les poulies de communication se font en bois ou en fonte. Les premières sont ordinairement massives, c'est-à-dire, elles n'ont aucune autre ouverture que le trou central qui doit entrer dans l'axe tournant de la machine. Le trou est couvert de plaques métalliques sur les deux faces de la poulie, et la circonférence de la poulie est légèrement convexe; on trace sur la surface de cette circonférence plusieurs petites cannelures parallèles, qui ont un ou deux millimètres de largeur, et autant de profondeur. Ces cannelures retiennent la lanière, et l'empêchent de glisser de dessus la poulie. La fig. 1 (Pl. XXVI) représente une de ces poulies, où les cannelures sont indiquées par les lettres *aaaa*.

859. Les poulies en fonte sont évidées, comme on le voit fig. 2 (Pl. XXVI), et leurs circonférences ont sur la largeur une forme angulaire *bb*, qui produit le même effet que les cannelures des roues en bois, et, de plus, elle facilite le passage de la lanière d'une poulie à l'autre.

860. La lanière a une boucle qui donne la facilité de la tendre plus ou moins. Les poulies sont fixées à l'axe par un écrou, comme on le voit en *a*, fig. 3 (Pl. XXVI). A cet effet, l'extrémité de l'axe est taraudée. Cette disposition donne la faculté de changer les poulies, et d'en substituer de plus grandes ou de plus petites. Ce changement est très-utile, lors-

qu'on juge convenable de faire varier la vitesse de la machine.

861. La méthode que nous venons d'exposer sert, quelque soit le moteur que l'on veut employer; mais, dans certains cas, il faut établir la communication entre le *récepteur* et les machines par l'intermédiaire d'un engrenage; il est important de connaître la méthode à employer alors. Cette méthode, que nous allons exposer, jouit, comme la précédente, de l'avantage d'être d'une grande simplicité.

Méthode d'interrompre et de renouveler à volonté la communication entre le récepteur et les machines, dans le cas où cette communication a lieu par l'intermédiaire d'un engrenage.

862. Soit *a* l'axe du récepteur, fig. 4 (Pl. XXVI), *b* l'axe de la machine; l'axe *a* porte une roue dentée fixe, c'est-à-dire, qui ne peut se mouvoir qu'avec son axe; l'axe *b* porte aussi une roue dentée, et cette roue engrène avec la première; mais elle est indépendante de son axe, et elle peut tourner librement sans qu'il se meuve. Un levier *d d* sert à fixer cette roue lorsqu'il le faut, et voici de quelle manière : à quelque distance de l'axe *b* la roue porte sur une de ses faces une rainure ou cavité *m m* circulaire concentrique à l'axe même. Deux petites barres de fer 1 et 2 sont insérées solidement dans cette rainure, et placées bien exactement sur un même diamètre. La roue est placée entre deux rebords qui l'empêchent de vaciller, mais lui permettent de tourner.

863. Un anneau *x x* ayant deux rebords *r* et *s*, se meut librement le long de l'axe *b* où il est placé carrément, c'est-à-dire, que le trou de cet anneau est à base carrée, et que la partie de l'axe qui lui correspond a la même configuration. Le rebord *r* porte deux crochets saillans qui correspondent à la rainure

creusée dans la roue, de sorte que si l'on fait avancer l'anneau contre cette roue, les crochets entrent dans la rainure, et vont s'appuyer contre les petites barres qui y sont insérées; de cette manière, la roue se trouve fixée, et elle ne peut plus se mouvoir sans entraîner l'axe et lui communiquer son mouvement. Si ensuite on fait reculer l'anneau, les crochets sortent de la rainure, et la roue se trouve libre. Le levier y est destiné à faire mouvoir l'anneau x; à cet effet, il est terminé par un demi-cercle qui environne l'anneau x, et il a son point d'appui en v. Ainsi il est évident que si l'on fait tourner le levier dans le sens pq, on introduira les crochets dans la rainure, et la roue sera fixée; si, au contraire, on le fait tourner en sens contraire, on éloignera l'anneau de la roue, les crochets sortiront de la rainure, et la roue pourra se mouvoir indépendamment de l'axe.

864. On voit que par cette méthode facile on peut, toutes les fois que l'on veut, interrompre subitement la communication entre les deux axes a et b, ou bien rétablir cette communication. Ce mécanisme peut s'adapter à un nombre quelconque de machines, qui toutes peuvent être mues par le même moteur, en conservant leur indépendance, de sorte que les renouvellemens et les interruptions de mouvement de chaque machine lui seront partiels, et ne dérangeront aucunement le travail des autres.

Méthode de faire varier à volonté la vitesse d'une machine qui reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'un engrenage, fig.5 (Pl. XXVI).

865. Par un procédé entièrement analogue à celui que nous venons de décrire, on peut résoudre l'important problème de ralentir et d'accélérer subitement le mouvement d'une ma-

chine, toutes les fois qu'on le jugera convenable, sans interrompre son travail.

866. L'axe c du récepteur porte plusieurs roues dentées fixes, placées à une petite distance l'une de l'autre : chacune d'elles engrène avec une autre roue correspondante, placée sur l'axe b; mais ces dernières roues sont libres, et tournent indépendamment de leur axe. Entre les roues de l'axe b sont placés des anneaux mobiles, semblables à celui que nous avons décrit (863), à l'exception qu'ils ont des crochets sur les deux rebords.

867. Je suppose maintenant que le rapport des diamètres des deux roues m et n soit comme 4 est à 1, celui des roues p et q, comme 4 est à 2, et qu'on fasse passer l'anneau x de la roue n à la roue q, c'est-à-dire, qu'on le fasse sortir de la rainure de la première pour l'introduire dans celle de la seconde, alors le mouvement de la machine sera ralentif de motié; le contraire aura lieu si l'on fait passer l'anneau de la roue q à la roue n.

868. Il est évident que, par cette méthode, on peut faire varier la vitesse en autant de manières que l'on veut; il suffit de placer sur chacun des deux axes a et b un nombre déterminé de roues; ainsi, si l'on veut une seule variation, il faudra y placer deux roues : trois roues donneront trois variations, l'une sera produite par la première et la seconde roue, l'autre par la seconde et la troisième, la dernière enfin par la première et la troisième.

Quatre roues donneront six variations; cinq en donneront dix; et, en général, si le nombre des roues est exprimé par m, $\frac{m(m-1)}{2}$ sera la formule qui exprimera le nombre des variations que l'on obtiendra.

869. On fait cesser la communication de mouvement entre l'axe a et b, en plaçant tous les anneaux en des points intermé-

diaires, c'est-à-dire, en faisant en sorte qu'aucun des crochets n'entre dans les rainures des roues.

Méthode de faire varier la vitesse, d'interrompre ou renouveler à volonté le travail d'une machine qui reçoit un mouvement alternatif, par une manivelle ou par un excentrique.

870. Les fig. 6 et 7 (Pl. XXVI) représentent une manivelle vue de face et de profil. Cette manivelle, que j'ai imaginée, donne tout à la fois le moyen d'interrompre subitement le mouvement, et de faire varier à volonté sa vitesse.

La manivelle a une rainure longitudinale; aux extrémités de la rainure s'élèvent des parties saillantes *b b* dans lesquelles la vis *c c* est fixée; cette vis traverse un écrou mobile *d* dont la queue entre dans la rainure qu'elle dépasse, pour qu'on puisse la retenir par une clavette; l'écrou *d* est surmonté d'une partie cylindrique *f* dans laquelle entre la bièle *g g* destinée à convertir le mouvement circulaire de la manivelle en mouvement alternatif. La partie *f* est taraudée, à son extrémité, pour donner la facilité de fixer la bièle au moyen d'un écrou.

871. La tête de la vis *c c* est terminée par un anneau, pour qu'on puisse, en y introduisant un levier, faire tourner la vis et approcher ou éloigner l'écrou *d* du centre de la manivelle. Ainsi, en faisant tourner la vis dans un sens, on diminue la distance entre le point *d* et le point central *r*, et au contraire, en la faisant tourner dans l'autre sens, on augmente cette distance; dans le premier cas, la vitesse est augmentée, dans le second, elle est diminuée.

872. Le mécanisme, pour suspendre le mouvement de la manivelle, ou bien pour la remettre en action, est absolument le même que celui que nous avons indiqué pour remplir le même objet dans les engrenages; c'est un anneau foré carrément, qui

entre sur une portion équarrie de l'axe; il a la faculté de se mouvoir librement le long de cette portion d'axe, il est environné d'un demi-cercle qui termine le levier de fer; il a deux rebords, l'un desquels, armé de deux crochets, corresponde à une rainure creuse dans la partie de la manivelle qui environne l'axe. L'anneau est mû par le levier, de sorte que, si les crochets entrent dans la rainure, la manivelle est fixée, et est obligée d'obéir au mouvement que l'axe lui imprime; si les crochets sont hors de la rainure, la manivelle demeure immobile, quoique l'axe soit en mouvement.

873. Par les méthodes que nous venons d'exposer, on voit qu'on peut toujours, avec beaucoup de facilité, faire cesser subitement le travail d'une machine, et la remettre en mouvement toutes les fois qu'il le faut, et qu'on peut faire varier la vitesse de cette machine, dans les cas non-seulement où son mouvement, étant circulaire continu, lui est communiqué par des poulies qu'une lanière de cuir enveloppe, ou bien par des roues dentées; mais lors même que son mouvement est alternatif, et lui est transmis par une manivelle ou bien par un excentrique. On voit aussi que, dans tous ces cas, on peut soumettre simultanément un nombre quelconque de machines à un seul moteur, sans nuire à leur indépendance mutuelle.

Du tournage.

874. Il y a plusieurs sortes de tournages, savoir : Le tournage simple ou circulaire, le tournage des vis, le tournage à ovale, le tournage figuré et le tournage à guillochis.

Tournage circulaire.

875. Le tournage circulaire a pour but de façonner une pièce de bois, ou de métal, de telle manière qu'elle ait la forme exacte d'un cylindre ou bien d'un *solide quelconque de révolution*,

dont toutes les sections perpendiculaires à l'axe soient des cercles.

876. Pour effectuer cette opération, il faut d'abord disposer la pièce à tourner de façon qu'elle ait un mouvement de rotation autour de son axe, et il faut qu'un outil tranchant se présente devant elle pour enlever peu à peu une portion de matière jusqu'à ce que la pièce soit réduite à la forme et aux dimensions requises, il faut enfin que l'outil tranchant puisse parcourir successivement toute la longueur de la pièce à tourner, et qu'il puisse s'approcher progressivement du centre de cette pièce à mesure qu'il enlève de la matière.

877. On distingue dans un tour simple diverses parties qui sont : 1°. La coulisse ; 2°. les *poupées* ou supports de l'objet à tourner ; 3°. le support de l'outil ; 4. les poulies qui communiquent le mouvement circulaire à l'objet qu'on doit tourner ; 5°. les mandrins.

La *coulisse* est formée de deux jumelles ou pièces de bois horizontales et parallèles, peu éloignées l'une de l'autre, et soutenues par deux montans perpendiculaires dans lesquels elles sont enchassées. Ces deux jumelles forment effectivement une coulisse dans laquelle les queues des supports sont insérées, et où elles peuvent se mouvoir longitudinalement. Quelquefois la coulisse est creusée simplement dans un madrier horizontal qui sert de table.

878. Les fig. 8 et 9 (Pl. XXVI) représentent le plan et l'élévation d'un tour simple. *a a* sont les montans, *b b*, jumelles qui forment la coulisse ; — *c*, *poupée* et support de l'objet à tourner ; on voit que la queue de cette poupée traverse la coulisse, et qu'elle est retenue dans sa partie inférieure par une clavette *y* ; on voit également qu'elle porte une pointe saillante *t*. Une seconde poupée *d* porte aussi une pointe *p*. Ces deux

pointes doivent se trouver exactement au même niveau, elles sont destinées à soutenir les pièces que l'on veut travailler sur le tour, et elles deviennent les extrémités de l'axe de rotation. Un arc *m m* est suspendu au plancher, la corde *l l* descend verticalement, s'enveloppe sur la pièce à travailler *g*, et aboutit au levier *h* nommé *pédale*. Si un homme comprime ce levier avec son pied, la pièce *g* tourne, et l'arc *m m* se tend; si ensuite il cesse de le comprimer, alors l'élasticité de l'arc fera remonter la corde, et la pièce *g* tournera en sens contraire. Ainsi la pression produite par l'homme, combinée avec l'élasticité de l'arc, donnera un mouvement alternatif de rotation à la pièce *g*.

879. Le tourneur tient dans sa main un outil tranchant, qui est une espèce de crochet à long manche, fig. 10 (Pl. XXVI); il appuie la tige de cet outil sur un support *i* (fig. 8), et il applique le crochet tranchant à la surface de la pièce *g*.

880. Ce tour, que nous venons de décrire, est le plus simple de tous, et celui dont on fait un usage le plus fréquent, mais il ne peut servir que pour les pièces de petites dimensions. Lorsque les pièces sont plus grandes, et quand leur tournage exige un effort plus considérable, on supprime l'arc et la pédale, et on emploie une grande roue à manivelle, une poulie, et une corde sans fin, comme on le voit dans le tour représenté fig. 2 (Pl. XXI), et dont nous avons parlé (557, 558, 559, 560).

881. Tous les tours à poulies et à cordes sans fin ne sont point mus de la même manière; dans quelques-uns, les hommes moteurs sont appliqués immédiatement à une manivelle; dans d'autres, ils agissent par l'intermédiaire d'une bièle et d'un balancier vertical, suspendu au plancher, comme on le voit fig. 11 (Pl. XXVI), où *a a* indique le balancier, *b*, le point où les mains des hommes moteurs sont appliquées, *d*, la bièle qui met en mouvement la manivelle *e*, et conséquemment la roue

qui y correspond. Par cette seconde méthode, les ouvriers qui font tourner la machine travaillent avec plus d'aisance et se fatiguent moins; elle est adoptée dans un grand nombre d'ateliers.

882. Si l'on veut faire mouvoir un ou plusieurs tours par des moteurs inanimés, tels que l'eau ou la vapeur, alors il faut se servir de la méthode des deux poulies, que nous avons décrite dans les paragraphes (853) et suivans.

883. Dans les tours où l'on doit placer des pièces lourdes et volumineuses, souvent deux seuls supports ou poupées ne peuvent suffire, et il faut en augmenter le nombre à proportion que la pièce est plus longue. Ils ont ordinairement la forme indiquée fig. 12 (Pl. XXVI). *a a* sont les coussinets ou *ampoises* qui environnent la pièce à tourner. Ces coussinets sont maintenus dans des coulisses indiquées par les lignes ponctuées. Un chapeau ou traverse *b b* sert à les serrer plus ou moins à l'aide des deux écroux *c c*. — *d* est la queue de la poupée ou support : elle traverse la coulisse longitudinale, creusée dans le banc; un écrou ou une clavette sert à fixer la poupée, et à la desserrer lorsqu'on veut lui faire parcourir un certain espace le long de la rainure.

884. Nous avons dit (879) que dans les tours sur lesquels on travaille de petites pièces, le tourneur tient dans ses mains l'outil tranchant, qu'il appuie sur le support, et qu'il applique contre la pièce à tourner : mais dans les grands tours, l'outil tranchant est inséré solidement dans le support même, et les mouvemens qu'il doit avoir lui sont communiqués par des vis; d'autres vis servent à l'arrêter dans un point convenable lorsqu'il agit.

885. L'outil doit avoir deux mouvemens, l'un de translation horizontale le long de la *coulisse;* la ligne qu'il a à parcourir dans cette translation, est exactement parallèle à l'axe de la pièce à tourner : l'autre mouvement de l'outil a pour but de le faire avancer plus

ou moins contre l'objet qu'on tourne pendant le travail; ce second mouvement, qui est indépendant de l'autre, s'opère le long d'une ligne droite dont la direction est perpendiculaire à celle que suit le support lorsqu'il se meut le long de la coulisse.

886. La fig. 13 (Pl. XXVI) indique la structure d'un *support à outil.* — *a a*, outil tranchant inséré dans une coulisse le long de laquelle il peut se mouvoir; *b*, vis qui pousse en avant l'outil; des vis de pression arrêtent fixement l'outil en un point déterminé lorsqu'il doit travailler. On desserre ces vis toutes les fois qu'on veut le faire avancer ou reculer. — A A est le corps du support de l'outil: ce support, qui est ordinairement en fer, est percé sur toute sa longueur par un trou situé dans l'endroit marqué *b*; ce trou, taraudé intérieurement en forme d'écrou, est traversé par une vis *x x*, qui a une longueur égale à celle de la coulisse. Cette vis porte à une de ses extrémités une roue dentée *y*, qui engrène avec une vis sans fin, dont l'axe porte une manivelle *m*. On conçoit que si l'on fait tourner la manivelle *m*, la vis sans fin fera mouvoir la roue dentée, et conséquemment la vis *x x*, ce qui ne peut se faire sans que le chariot n'avance ou ne recule.

887. La coulisse est traversée par un ou deux forts boulons *p*, qui font corps avec le support; leur extrémité inférieure est taraudée pour recevoir l'écrou *q*, qui sert à fixer le support lorsqu'on veut le rendre immobile.

888. Les tours destinés à façonner de fortes pièces doivent être fixés avec la plus grande solidité, car l'exactitude de l'opération dépend surtout de l'immobilité de la base qui soutient les poupées et le support de l'outil. A cet effet, lorsqu'on veut établir un de ces tours, on a soin d'abord de préparer une fondation en maçonnerie, dans laquelle sont insérées des pierres de taille de bonnes dimensions. Avant de placer ces pierres de

taille, on y creuse des trous dans lesquels on puisse introduire de forts boulons qui doivent être disposés dans une position verticale; ces boulons sont traversés à leur extrémité inférieure par une barre de fer, et leur partie supérieure est taraudée; la longueur des boulons doit être suffisante pour traverser de fortes pièces horizontales de bois, qui sont fixées d'une manière inébranlable par des écroux qui s'adaptent à la portion de vis qui termine chaque boulon. C'est dans les pièces de bois ainsi retenues que sont insérés les divers montans qui soutiennent toutes les parties du tour. La méthode que nous venons d'indiquer convient non-seulement aux tours, mais aux *foreries*, et à un grand nombre d'autres machines.

Tour en l'air.

889. Les tours que nous avons décrits servent en général, comme nous l'avons déjà dit, à confectionner la surface convexe d'un solide quelconque de révolution, et nous avons vu que l'outil opérateur agit en parcourant une ligne parallèle à l'axe de la pièce que l'on confectionne; mais il est des cas où l'outil doit agir dans une situation opposée, c'est-à-dire, qu'il doit opérer dans un plan perpendiculaire à cet axe, et ces cas ont lieu toutes les fois que l'on veut façonner une des bases du solide de révolution; comme, par exemple, si on voulait tracer des moulures sur une des faces d'un plateau; ou bien encore si on voulait creuser les faces d'un rouet de poulie pour lui laisser deux rebords, l'un vers la circonférence, et l'autre autour de l'axe, et diminuer ainsi l'étendue des surfaces qui frottent contre les parois des mortaises. Dans ces cas, il faut que l'outil qui se présente en face de la surface que l'on veut travailler, puisse agir sans être embarrassé par les poupées qui soutiennent la pièce que l'on tourne : pour obtenir complétement cet effet il a fallu

imaginer les *tours en l'air*. Dans ces tours, la pièce à tourner n'est soutenue que par une seule poupée, fig. 15 (Pl. XXVI). Cette poupée *a* porte une vis *b*, laquelle est destinée à soutenir un *mandrin*, *d* : on appelle ainsi une sorte d'étau ou de pince qui a un manche taraudé en écrou qu'on adapte à la vis *b*. Il y a une infinité de *mandrins* dont les formes et les dimensions varient suivant les divers objets que l'on veut y insérer. Par cette disposition, la pièce à confectionner *m* est entièrement découverte à sa surface antérieure, et le tourneur peut travailler sans empêchement, en appuyant son outil sur le support *r* placé en face de la pièce *m*.

Tournage à vis.

890. Le tournage à vis consiste à tracer des hélices sur une surface cylindrique, et à y creuser les pas de vis. Dans le tournage simple, la pièce à tourner n'a qu'un seul mouvement de rotation; dans le tournage à vis ce mouvement ne suffit point, il faut qu'il soit combiné avec un mouvement simultané de translation rectiligne uniforme et parallèle à l'axe.

891. La figure 16 (Pl. XXVI), représente un tour à vis d'une construction simple et facile. L'axe *a a* traverse les deux poupées *x x*, de façon qu'il puisse non-seulement tourner, mais encore qu'il puisse avoir un mouvement alternatif rectiligne sur la ligne de direction de l'axe même. Les extrémités de l'axe reposent d'un côté sur une des branches du levier angulaire *c b*, et de l'autre également sur un second levier angulaire *d f*; le premier communique avec la pédale *m*, au moyen d'une corde *g*, le second porte le poids *p*. Une corde *o o* enveloppe une poulie adaptée à l'axe *a a*, et est attachée par un bout à la perche élastique *y*, et de l'autre à la pédale *m*. Si le tourneur abaisse la pédale en la comprimant avec son pied, il fera tourner l'axe *a a*, et en même temps il lui communiquera un mouvement de

translation dans le sens xf, par l'action du levier angulaire cb; si ensuite il cesse de comprimer la pédale, la perche élastique y fait remonter la corde oo, ce qui ne peut avoir lieu sans que l'axe ne tourne en sens contraire; en même temps, le levier angulaire cb cesse de presser l'axe dans le sens xf, et l'autre levier df le repousse dans le sens fx par l'action de son poids.

Par la disposition de ce tour on voit que l'on peut (en supposant l'outil tranchant fixe) tracer immédiatement une hélice, et former une vis. On voit aussi que l'on peut donner aux pas de la vis plus ou moins d'écartement, en faisant varier les points d'application de l'axe sur les branches b et f des leviers angulaires, c'est-à-dire, en approchant plus ou moins ces points des centres de rotation des leviers. Cette méthode, bonne pour la confection des vis de médiocre grandeur, qui n'exigent point beaucoup de précision, n'a point le degré d'exactitude nécessaire pour les vis qui doivent avoir une grande régularité. Dans ce cas, il faut se servir du tour représenté fig. 17 (Pl. XXVI), pour les vis de médiocre grandeur, et de celui représenté fig. 18 (Pl. XXVI), pour les vis de grandes dimensions.

Tour à tarauder par l'intermédiaire d'une vis déjà formée.

892. La poupée p contient l'écrou de la vis aa, qui porte sur son axe la *roue à leviers fixes* mm. Cet axe traverse la poupée q, et est terminé par un mandrin b, destiné à soutenir la tige g à tarauder. — c est le support de l'outil tranchant.

893. On suppose que l'outil soit fixe, et qu'un ouvrier fasse tourner la roue mm en empoignant ses leviers; il est clair que la tige g acquerra les deux mouvemens simultanés de rotation et de translation rectilignes. On ne peut former, avec un tour ainsi disposé, qu'une seule sorte de vis, c'est-à-dire, on ne peut tarauder que des vis dont les pas aient un même écartement

entre eux, et si l'on veut tarauder d'autres espèces de vis, alors il faut changer l'écrou renfermé dans la poupée *p* et la *vis directrice a a*.

894. Pour éviter ce changement de *vis directrices*, on a imaginé de faire sur une même tige des pas de vis divers, de l'insérer dans une boîte où elle ait la faculté de tourner librement, et de faire correspondre à chaque partie différemment taraudée, un levier dans lequel est tracée une portion d'écrou correspondant. Quand on veut mettre en action un tour pourvu de ce mécanisme, il suffit d'abaisser et de comprimer le levier qui correspond à la portion de la tige directrice, dont les pas de vis sont analogues à ceux que l'on veut tracer.

Machine à tarauder les vis et les écrous de grandes dimensions.

895. La fig. 18 (Pl. XXVI) représente cette machine, où l'on remarque un chariot mobile *a a*, placé sur des roues en bronze, que l'on fait circuler le long de deux bras *b b* d'un banc en bois, lequel porte toute la machine. Le chariot est traversé par une vis sans fin *x*, dont on n'aperçoit ici que l'extrémité. Cette vis engrène avec la roue à *denture interne y* en fer trempé, et dont l'axe cylindrique tourne dans les deux montans *c c*, placés sur le chariot *a a*. A l'extrémité *s* de cet axe est adaptée une vis *d d*, qui entre dans un écrou placé dans la poupée *m*. A l'autre extrémité *v* de l'axe de la roue *y* est pareillement adapté un cylindre de fer qui est destiné à être converti en vis.

896. La poupée *p* a une coulisse dans laquelle on place un couteau qui doit creuser les pas de la vis à confectionner. Ce couteau y est assujetti à ne pouvoir divaguer d'aucun côté. Le seul mouvement qu'exige ce couteau est de pouvoir être peu à peu rapproché du centre de la vis, pour entrer de plus en plus dans le fer, et y approfondir les intervalles qui séparent les filets.

Ce mouvement lui est communiqué par un marteau avec lequel on frappe sur la tête *z*.

897. Pour tarauder une pièce ou plaque de métal avec cette machine, et y former un écrou, on perce d'abord dans la pièce un trou dont le diamètre doit être égal à celui du creux des pas de la vis, ensuite on insère la plaque dans une poupée préparée à cet effet. Cette poupée a un cadre à coulisse, dans lequel entre la pièce à tarauder, qui y est fixée, et est surmontée par une traverse retenue par des vis de pression. On adapte à l'extrémité *v* de l'axe de la roue *y* une barre de fer circulaire, dans laquelle est inséré le couteau pour tarauder l'écrou. La partie saillante de ce couteau ne doit d'abord déborder que d'environ un millimètre la circonférence de la verge. Lorsqu'il a parcouru l'épaisseur de l'écrou et qu'il a commencé à tracer l'hélice, un autre couteau, qui s'élève un millimètre de plus, produit une trace plus profonde; un troisième et un quatrième lui succèdent, et approfondissent le sillon de plus en plus. Le nombre des couteaux est proportionné aux dimensions de la vis.

Le premier couteau a les angles arrondis; les couteaux subséquens ont les angles saillans, et ont la forme des pas de la partie à tarauder.

898. Cette machine produit des vis taillées avec une très-grande précision. Il faut changer la vis *d d* toutes les fois que l'on veut allonger ou resserrer les pas des vis à confectionner, et il faut avoir autant de vis *d d* (que l'on nomme patrons) qu'il y a d'espèces différentes de vis à construire. Cette même machine sert aussi à alléser divers objets qui exigent des trous parfaitement cylindriques. Dans ce cas, l'on adapte au point *v* un foret ou un allésoir, et l'objet à forer est soutenu par une ou plusieurs poupées.

Taraudage à la filière brisée.

899. On appelle filière brisée l'instrument représenté fig. 19 (Pl. XXVI); c'est un levier de fer au milieu duquel sont insérés deux coussinets taraudés en écrou; ils entrent dans des coulisses creusées dans les deux branches *a* et *b*, qui traversent la barre *d*. Cette barre, qui est retenue par deux écrous *e e*, a un trou taraudé en écrou, dans lequel la vis *m m* entre; au moyen de cette vis, on peut rapprocher plus ou moins les coussinets. Les coussinets sont en acier, et à vives-arrêtes dans leur intérieur, pour pouvoir couper et tracer le pas de vis sur la pièce à tarauder.

900. Au moyen de la filière brisée, on peut obtenir un taraudage quelconque, sans être obligé d'employer un temps considérable à tracer sur chaque pièce à tarauder les pas de vis, et à les creuser avec des ciseaux ou autres outils de cette nature, qui ne peuvent jamais donner un taraudage aussi exact que celui que l'on obtient avec la filière brisée. Aussi, cet instrument est d'une très-grande utilité, et l'on s'en sert habituellement dans tous les ateliers où l'on confectionne les vis.

901. Avant de commencer le taraudage à la filière, il faut induire avec de l'huile les pas de vis formés dans les coussinets. On fixe la pièce à tarauder dans un étau bien affermi, qui ordinairement est adapté à un gros bloc de bois de chêne, planté dans de la maçonnerie. Il faut que la pièce à tarauder soit bien d'aplomb, et qu'elle conserve exactement sa verticalité pendant le taraudage. On place ensuite la filière vers le milieu de la longueur de la pièce à tarauder, de manière qu'elle soit d'équerre avec cet objet, c'est-à-dire, qu'elle soit dans un plan horizontal parfaitement de niveau. Alors on fait passer les coussinets sur toute la longueur de la partie à visser, afin d'y

faire seulement le tracé des pas de vis, tracé qui sert de guide jusqu'à la fin du taraudage.

902. Après ce tracé, un ouvrier fait, avec une clef de fer, avancer la vis *m m* pour resserrer les coussinets à mesure que le taraudage se fait par l'action de deux ou plusieurs hommes qui font tourner régulièrement la filière, en agissant sur l'extrémité de ses bras. Pendant le taraudage, les pas des coussinets doivent être fréquemment nettoyés et vidés, et toutes les fois qu'on suspend de virer pour rapprocher les coussinets, il faut soutenir le corps de la filière, et en appuyer le dessous avec une tige de fer, de crainte que son poids ne la fasse pencher, et qu'il n'en résulte un dérangement de niveau.

903. Si, dans un atelier, on n'était pourvu ni de tarauds pour confectionner les écrous, ni de coussinets ou écrous à filière pour former les tarauds, la première chose à faire serait de fabriquer un taraud nommé *patron* ou modèle.

On le forgerait avec une tige de fer; sur ce fer on souderait une tête du plus fin acier. L'ouvrage du forgeur étant soigneusement fait, on l'enduirait avec de la terre glaise, et on l'exposerait à un feu de bois jusqu'à ce qu'il fût recuit au degré d'un rouge presque blanc. Ce recuit est absolument nécessaire pour adoucir l'acier et pouvoir limer, tourner et façonner les *patrons*.

904. On met sur le tour ce modèle ou patron lorsqu'il est froid, et on lui donne les dimensions cylindriques requises, puis on trace sur ce cylindre les pas de vis avec la plus grande précision possible; et enfin on creuse ces pas en se servant d'une lime angulaire.

905. Pour construire les grandes vis en bois, qui ont dix ou douze mètres de longueur, et une grosseur proportionnée, on équarrit d'abord la pièce de manière que ses deux bases soient

parallèles et carrées, et que chacune des autres faces soit bien plane et régulière; ensuite on émousse les angles des carrés, et on les convertit en octogones réguliers, puis on forme des polygones de seize côtés, et enfin des cercles. Lorsque la pièce est bien cylindrique, on trace les pas de vis, ayant soin de faire trois lignes parallèles pour chaque pas; celle du milieu indique le fond de la cavité, et les autres les sommets. On fait sur la première un trait de scie dont la profondeur égale celle de la cavité, puis, avec un ciseau et un maillet, on taille le bois qui se trouve entre le fond de la fente et la ligne qui marque le sommet du pas de vis.

906. Il y a plusieurs sortes de vis qu'on distingue entre elles, ou par leur emploi, ou par leur forme. Quand à leur emploi, on peut les classer en deux espèces : 1°. Vis d'assemblage; 2°. vis mécaniques : et, quand à leur forme, on peut également en distinguer deux espèces : 1°. vis à filets angulaires; 2°. vis à filets carrés.

Vis à assemblage.

907. Elles sont employées dans un grand nombre de circonstances; c'est un moyen d'assemblage, qu'on préfère à tout autre dans les cas très-nombreux où l'on a besoin de réunir deux pièces. Aux avantages de la solidité et de la durée, ce moyen réunit ceux de la propreté, de l'économie et de la facilité de démonter et de remonter les assemblages.

Pour qu'une vis à assemblage soit bonne, il faut, 1°. que l'arbre de la vis soit légèrement conique, et parfaitement arrondi; 2°. que les filets soient saillans, minces, polis et également espacés; 3°. il faut que la tête de la vis soit exactement centrée, c'est-à-dire, qu'elle doit avoir le même axe que l'arbre de la vis; 4°. il faut que la tête de la vis soit fendue par son centre, et

bien carrément, en sorte que la fente présente au tourne-vis une prise facile et solide.

908. Indépendamment des vis d'assemblage que nous venons d'indiquer, il en est une autre sorte : ce sont les boulons taraudés dont on fait un grand usage pour assembler les pièces de charpente, et qui sont préférables aux boulons à clavette, parce que l'on peut, au moyen de l'écrou, serrer plus complétement les pièces l'une contre l'autre, et parce que l'écrou tient avec plus de force que la clavette.

Vis mécaniques.

909. Les vis mécaniques sont celles qui servent à transmettre le mouvement à une pièce mobile quelconque; elles peuvent le transmettre de deux manières différentes. 1°. Par l'engrenage des pas de vis avec une roue dentée; 2°. par l'action exercée sur un écrou mobile auquel la vis communique un mouvement de translation rectiligne. Pour produire le premier effet, il suffit que la partie taraudée ait trois ou quatre pas de vis, et alors la vis communicatrice prend le nom de *vis sans fin*. Pour le second effet, il faut que le taraudage ait une longueur égale à la plus grande ligne que l'écrou doit parcourir. On emploie quelquefois une vis et un écrou pour transmettre un mouvement circulaire alternatif à un levier horizontal. Nous en avons vu un exemple dans la machine à vapeur de Venise (282 et suivans). Dans ce cas, il faut, 1°. que l'écrou puisse tourner librement sur son axe; 2°. que le pivot de la vis soit à *double rotation*, c'est-à-dire, qu'il permette que la vis ait simultanément deux mouvemens, l'un de rotation horizontale, l'autre de rotation verticale. La fig. 3 (Pl. X) représente un pivot de cette espèce; on en trouve la description dans le paragraphe 282.

Vis à filets angulaires

910. On appelle ainsi les vis dont la coupe des filets présente des angles plus ou moins ouverts, suivant l'écartement et la profondeur des pas. Cette configuration, qui donne beaucoup de force à la base des filets, est préférée pour toutes les vis d'assemblage, et en général pour les vis en bois.

Vis à filets carrés.

911. La coupe des filets de ces vis présente la figure d'un parallélogramme, et il y a le même écartement entre le fond et entre le sommet des pas contigus. Cette forme est adoptée pour les grandes vis mécaniques en fer que l'on construit sur le tour; car il est plus facile de leur donner une grande régularité, et de bien aplanir toutes les faces; d'ailleurs, les vis à filets carrés sont moins sujettes à altérer leur écrou que ceux des vis angulaires; mais, dans les vis de bois, les filets carrés n'ayant qu'une petite base en comparaison de celle des filets angulaires, ils ne résisteraient pas autant, et un effort un peu considérable les briserait.

Forage.

912. On distingue deux sortes de forage, le forage vertical et le forage horizontal. Le premier ne se pratique ordinairement que pour les trous de petites dimensions. On emploie, à cet effet, les tarières à main, le *vilebrequin* indiqué fig. 20 (Pl. XXVI), ou bien le foret à vis de pression et à anse, représenté fig. 5 (Pl. XXI), et décrit dans les paragraphes 566 et 567.

913. Le forage horizontal, quelle que soit la méthode que l'on adopte, présente un inconvénient assez grave; la tarière employée occupant une grande partie de l'espace dans lequel elle

agit, les copeaux qu'elle forme s'accumulent dans la partie cylindrique déjà creusée, augmentent de plus en plus le frottement de l'outil, et finiraient par rendre la rotation extrêmement pénible, si on ne retirait de temps en temps et cet outil et les copeaux qu'il vient d'enlever.

914. M. *Hubert* a trouvé un moyen ingénieux de rendre cette manœuvre très-expéditive. On peut, par sa méthode, extraire les copeaux sans même arrêter la rotation de la machine à forer.

Méthode de M. Hubert.

915. La tarière est fixée à l'extrémité d'un cylindre de fer, mis dans une situation horizontale, et tournant dans des colliers de cuivre. A ce cylindre est adaptée une poulie sur laquelle s'enroule une corde sans fin, au moyen de laquelle on produit le mouvement de rotation.

916. Tout cet équipage est sur un bâtis de charpente mobile, porté par deux roulettes à axes fixes, sur lesquelles il peut se mouvoir parallèlement à l'axe de la tarière. La pièce inférieure de ce bâtis, celle qui porte immédiatement sur les roulettes, a son point d'arrière attaché au bas d'une perche verticale élastique, fixée par son point supérieur, laquelle, lorsque le système mobile qui porte la tarière est poussé en avant, fait la fonction d'un ressort qui tend à le ramener en arrière. Une corde attachée à un point fixe près de la roulette inférieure, traverse la pièce posée sur cette roulette, et qui sert de base au système mobile, vient ensuite passer sur une poulie placée vis-à-vis de son extrémité fixe, et enfin a son autre extrémité attachée à la ceinture d'un homme employé à la manœuvre de la machine. Il résulte de ces dispositions que, lorsque l'homme dont nous venons de parler se porte en arrière, il tend la corde, fait avancer l'outil sur la pièce qu'on veut percer, et fléchit la

perche élastique; et que, lorsqu'il se porte en avant, l'élasticité de la perche, dont l'effet n'est plus contrarié par la tension de la corde, fait reculer tout l'équipage qui porte la tarière, laquelle sort de son trou, d'où tous les copeaux qui existent se trouvent expulsés.

917. Tous ces mouvemens sont absolument indépendans de l'agent employé à faire tourner la tarière, dont le mouvement de rotation s'opère sans discontinuité, et toujours dans le même sens.

Machine de M. Perrier.

918. Feu M. Perrier a résolu le même problème pour le forage des pièces de très-grandes dimensions, telles que les tuyaux de pompe en bois, ou bien les tuyaux de conduite de dix à douze mètres de longueur. Sa machine peut être mue ou par une roue hydraulique ou bien par un récepteur à vapeur.

919. Les fig. 21 et 22 (Pl. XXVI) représentent l'élévation de cette machine. La pièce à forer *a a* est placée sur un chariot mobile à roulette; sous ce chariot est une crémaillère qui engrène avec une roue dentée placée sur l'axe de la roue à levier *b*, de sorte qu'en faisant tourner cette roue, on fait avancer ou reculer le chariot et la pièce à forer. Le foret *d d* reçoit un mouvement circulaire qu'une roue hydraulique ou qu'un *récepteur* quelconque lui communique; mais il n'a aucun mouvement de translation, c'est-à-dire, que la pointe de l'instrument correspond toujours au même point. Ainsi donc le foret tourne avec un mouvement continu et uniforme par l'action du moteur, et en même temps le chariot avance contre le foret par l'action de l'homme qui dirige la machine. On aurait pu combiner les deux mouvemens de sorte qu'ils fussent effectués simultanément par le même moteur; mais on a préféré de les rendre indépendans; parce que la résistance que la pièce de bois oppose

au forage n'est point constante, elle est plus ou moins grande suivant la diverse contexture des fibres ligneuses, et elle augmente singulièrement à la rencontre des nœuds parsemés dans la longueur du bois. Il est donc avantageux que le foreur puisse régler l'avancement du chariot, et puisse le retarder ou l'accélérer suivant l'exigence.

920. M. Perrier a ajouté à cette machine un mécanisme fort ingénieux, au moyen duquel le moteur principal peut éloigner le chariot du foret pour retirer les copeaux, et ensuite le rapprocher toutes les fois que le foreur le juge convenable. A cet effet, il a disposé un châssis mobile *ff* dans des coulisses; ce châssis, fig. 22, est mu par un levier *g*, lequel a son centre de rotation en *h*. Il est divisé en trois portions, par deux montans en fer *l l*. La portion du milieu est vide, chacune des deux autres contient un petit treuil *x* et une roue d'angle *y*. Une corde s'enveloppe sur chacun de ces treuils et aboutit au chariot, avec cette différence que la corde de l'un s'attache immédiatement au-devant du chariot, et celle de l'autre s'attache à l'arrière, mais auparavant elle se replie sur une poulie placée à quelque distance. Par cette disposition, la rotation du premier treuil fait avancer le chariot, et la rotation du second, au contraire, le fait reculer.

921. L'axe du récepteur sur lequel est adapté le foret porte une roue d'angle *z*, qui peut engrener avec chacune des roues *y* en particulier, lorsque par un mouvement donné au châssis on l'approche autant qu'il le faut pour que l'engrenage ait lieu; mais la roue *z* n'engrène ni avec l'une ni avec l'autre, quand le châssis se trouve dans une position intermédiaire. On conçoit donc qu'en agissant sur le levier *g*, le foreur peut, toutes les fois que bon lui semble, éloigner ou rapprocher le chariot en se prévalant de l'action du moteur principal.

922. Les cordes qui partent de chacun des treuils et qui abou-

tissent au chariot, auraient des directions obliques désavantageuses, si l'on n'avait soin de placer convenablement des poulies de renvoi pour les rendre perpendiculaires.

Forage des trous hémisphériques.

923. La formation des trous hémisphériques par la méthode ordinaire, c'est-à-dire, en se servant simplement du ciseau et du maillet, est un travail long et difficile. M. Hubert a donné les moyens de le simplifier, et en même temps de le rendre aussi parfait qu'il est désirable. Cet habile ingénieur a d'abord imaginé une tarière dont la partie tranchante a la forme d'un demi-cercle de la demi-sphère; les moitiés de ce demi-cercle sont aiguisées en sens contraires, de manière à tailler en même temps, lorsqu'on tourne la tarière dans un sens convenable; mais pour diminuer considérablement le travail du creusement, il a fait construire une autre tarière ayant la forme d'un demi-cylindre, dont le diamètre est égal au rayon de l'hémisphère à creuser, et dont le tranchant est aiguisé de manière à engendrer cet hémisphère, lorsque le demi-cylindre tourne autour d'une de ses arêtes. L'avantage principal de cette dernière disposition, consiste en ce que les différentes parties de l'arête qui taille, forment des angles différens avec la direction du fil du bois, au lieu que, dans la première disposition, les directions des mouvemens de tous les points de l'arête du tranchant, c'est-à-dire, les perpendiculaires au plan qui renferme cette arête, sont toujours parallèles entre elles et font par conséquent, à un instant déterminé quelconque, les mêmes angles avec le fil du bois.

Fabrication des poulies.

924. Une poulie est composée de trois parties principales, savoir, la chape, le rouet et l'axe. La fabrication de ces objets dans

les poulieries ordinaires n'offre rien de remarquable; il n'en est pas ainsi dans les grandes poulieries des arsenaux de marine, où la grande quantité d'objets qu'on y confectionne a fait rechercher des méthodes ingénieuses, pour accélérer le travail et donner en même temps aux produits de la fabrication toute la perfection dont ils sont susceptibles. MM. Hubert et Brunel se sont particulièrement distingués dans ces sortes de perfectionnemens. Les inventions du premier ont été décrites dans un beau mémoire que M. Charles Dupin a présenté à l'Académie des sciences, et qui sera imprimé dans la collection des Mémoires des savans étrangers. La description circonstanciée des machines que M. Brunel a établies dans les poulieries de Portsmouth, se trouve dans l'Encyclopédie du docteur Rees.

De la chape.

925. La chape d'une poulie a ordinairement la forme ovale. M. Brunel a imaginé un moyen fort ingénieux de leur donner cette forme, avec autant de célérité que de précision. Il fait d'abord scier des blocs de bois parallélipipèdes de dimensions convenables, puis il fait insérer circulairement un certain nombre de ces blocs entre deux plateaux, de la même manière que les fuseaux sont disposés dans une lanterne d'engrenage. Il est évident que, si on fait tourner ce plateau ainsi disposé, et qu'on présente un outil tranchant à la surface extérieure des blocs qu'il contient, comme dans un tour ordinaire, cet outil façonnera cette surface, et lui donnera une courbure analogue à celle du cercle sur la circonférence duquel l'outil agit; de sorte que la courbure de chacun des blocs sera une portion cylindrique, dont l'arc contiendra un nombre de degrés plus ou moins grand suivant la grandeur du rayon du cercle susdit.

926. Après que l'une des faces des blocs insérés dans le pla-

teau a été façonnée, on détache ces blocs, on les retourne dans un sens contraire, et on façonne de la même manière la face opposée. On voit que par cette méthode on tourne en même temps plusieurs chapes, on leur donne des formes exactement régulières et symétriques, et enfin on abrége singulièrement le travail.

Lorsqu'on est parvenu à donner à la chape une forme extérieure satisfaisante, il faut creuser ses mortaises.

Machine à mortaiser les chapes des poulies, par M. Hubert.

927. Un ciseau, ou pour mieux dire une gouge, est insérée dans un levier horizontal, en un point intermédiaire, entre son point de rotation et son autre extrémité, à laquelle se trouve suspendue une tige de fer verticale qui communique avec l'axe horizontal du récepteur à l'aide d'une manivelle, de manière que, lorsque le moteur agit, le levier ait un mouvement alternatif circulaire. Au lieu de se servir d'une manivelle pour transformer le mouvement circulaire continu de l'axe du récepteur en mouvement alternatif circulaire, on peut employer une des méthodes indiquées dans la classe première du second ordre de notre classification. M. Hubert se sert du moyen suivant : la partie inférieure de la tige verticale attachée au levier est terminée par deux crémaillères parallèles réunies à leurs extrémités par des portions de cercles dentées; cette pièce d'engrenage est menée par un pignon fixe qui produit un mouvement vertical de va et vient.

928. Le ciseau ayant ainsi un mouvement périodique de montée et de descente, il ne s'agit plus que de lui présenter les parties successives du bois qu'il doit enlever pour former la mortaise, et c'est encore le levier qui produit cet effet, par le moyen d'une tige de fer, au bas de laquelle se trouve un encli-

quetage à rochet qui fait tourner une vis, dont la rotation détermine le mouvement progressif d'une espèce de chariot auquel la pièce de bois à mortaiser est attachée. Ainsi, lorsque cette pièce de bois a été préalablement équarrie, percée d'un trou dont le diamètre est égal à la largeur de la mortaise, et mise solidement en place sur son chariot, il ne reste, pour achever le travail, qu'à mettre en mouvement la machine.

Scie à mortaiser.

929. La fig. 23 (Pl. XXVI) représente cette scie, dont le châssis en fer a, dans le haut, une traverse que l'on peut ôter et remettre à volonté. Cette traverse, marquée *a*, est retenue par deux écrous *b* et *d;* à cet effet, la branche *e* du châssis est taraudée à son extrémité. La lame de la scie est perpendiculaire au plan du châssis, l'écrou *d* sert non-seulement à retenir la traverse *a*, mais encore à bander la lame.

930. En se servant de deux étriers, dont la forme est indiquée fig. 24, on adapte avec facilité deux lames à cette scie, et leur insertion est telle qu'elles peuvent être rapprochées ou éloignées à volonté. Chaque étrier a deux branches parallèles, qui soutiennent une vis *a* dont l'écrou porte une des lames, tandis que l'autre lame est fixée dans la branche *b*. En faisant tourner la vis *a*, on rend plus ou moins grand l'écartement des lames.

Lorsque l'on veut se servir de cette scie pour mortaiser une poulie, il faut d'abord tracer sur le bois, avec soin, les lignes qui circonscrivent les mortaises, puis on fore deux trous aux deux extrémités de chaque mortaise, et le diamètre des trous doit être égal à la largeur des mortaises. Le tout étant ainsi préparé, on ôte la traverse de la scie, on introduit la lame dans le trou, on remet la traverse que l'on fixe avec les deux écrous; alors on est en état de faire agir cette scie en lui faisant suivre

les lignes qui déterminent le contour de la mortaise. Cette opération est aussi expéditive que simple; elle a le grand avantage d'être à la portée des petites comme des grandes poulieries, et elle remplit le même objet que les machines à mortaiser, ingénieuses, mais compliquées et dispendieuses, que l'on a imaginées depuis quelques années.

Fabrication des rouets.

931. Dans la fabrication d'un rouet, il faut distinguer trois choses, 1°. le tournage, au moyen duquel on lui donne une figure cylindrique, et l'on creuse sa gorge; 2°. le forage, dont le but est de former le trou qui doit être traversé par l'axe; 3°. l'insertion d'un dé métallique, pour défendre le trou de la corrosion.

932. On abrège singulièrement les deux premières opérations en formant plusieurs rouets à la fois dans un même bloc. Il faut d'abord lui donner la forme d'un cylindre parfait, puis on trace sur ce cylindre une ligne droite parallèle à l'axe; on marque sur cette ligne des points qui indiquent l'épaisseur de chaque rouet, la largeur de leur gorge, et celle des bords des deux côtés de la gorge. Quand tous ces points sont marqués, on peut, en se servant de l'outil tranchant, et en faisant tourner le cylindre, tracer autant de cercles parallèles qu'il y a de points marqués. Ces cercles servent d'abord à diriger le creusage des gorges, puis le sciage quand on veut séparer les rouets. Avant d'effectuer ce sciage, il faut forer le cylindre, et on évite ainsi de répéter cette opération pour chaque rouet en particulier.

933. Les rouets seraient en très-peu de temps hors de service, si les essieux qui les traversent frottaient immédiatement contre le bois dont les rouets sont composés; pour prévenir cet inconvénient, on est dans l'usage de garnir d'un dé métallique chaque côté de l'œil ou trou cylindrique qui traverse ces rouets.

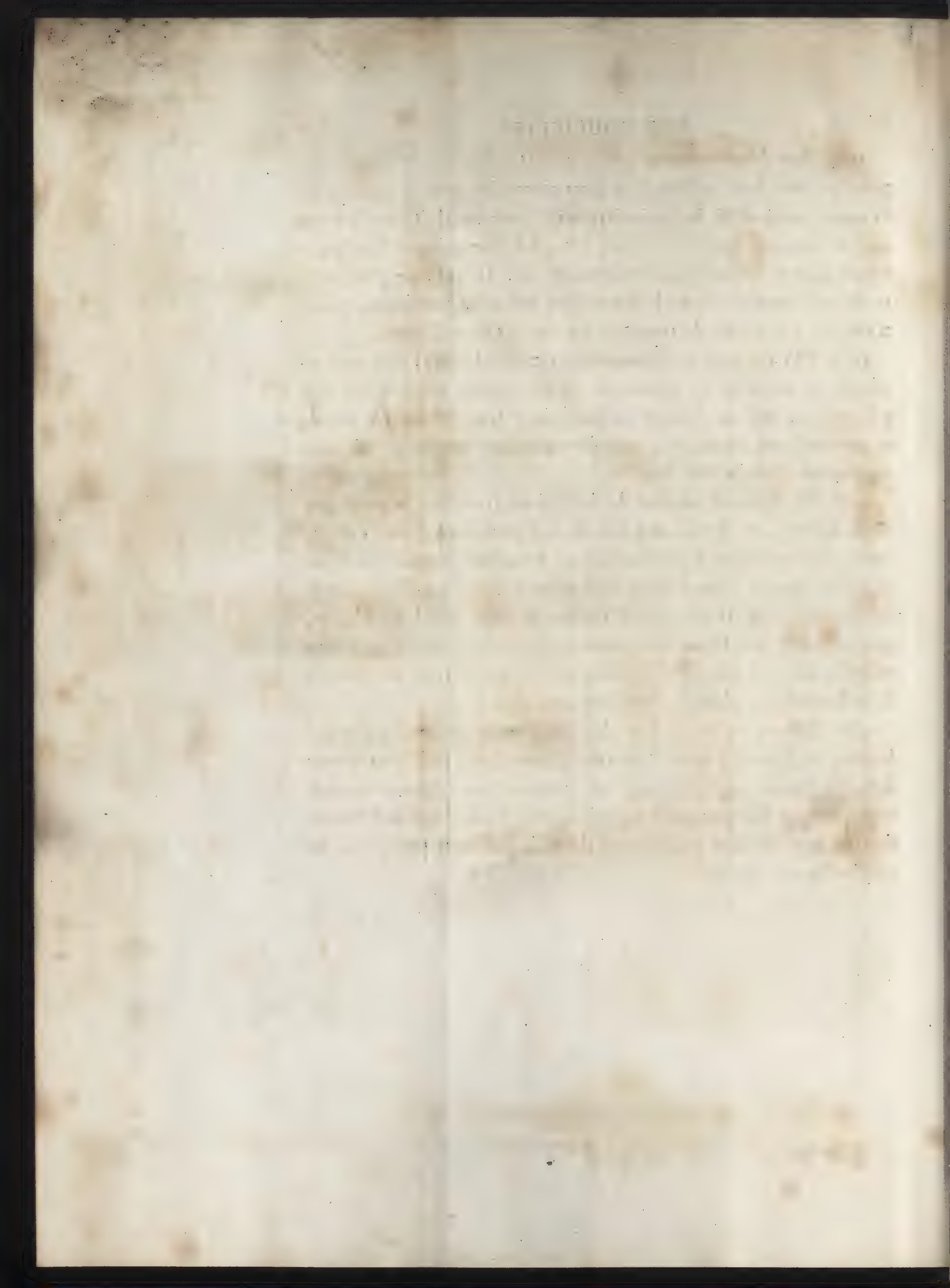
934. Les dés dont nous parlons sont des plaques de cuivre, percées dans leur milieu d'un trou circulaire pour le passage de l'essieu; mais dont le périmètre extérieur ne doit pas être un cercle concentrique à ce trou, afin d'éviter qu'avec l'usage le rouet ne tourne indépendamment du dé. Il faut, de plus, que ce dé soit encastré dans le rouet avec une telle précision, qu'on n'ait pas à craindre le moindre jeu entre l'un et l'autre.

935. On remplit ordinairement ces conditions, soit en garnissant le contour extérieur du dé de tenons saillans sur son périmètre, soit en faisant ce périmètre triangulaire ou carré, et arrondissant les angles; mais le travail est long et la précision du travail difficile à obtenir.

936. M. *Hubert* obtient la facilité du travail et la précision de la forme, en donnant à son dé la figure d'un grand cercle, sur la circonférence duquel s'élèvent trois lunettes ou portions de petits cercles, ayant leurs centres aux sommets d'un triangle équilatéral, inscrit au grand cercle. Il peut aussi employer, pour creuser les trous d'encastrement dans le rouet, la machine à forer les trous cylindriques, en se servant de tarières dont les mêches aient la force convenable.

937. Il nous resterait à parler des tournages *ovale*, *à guillochis*, et *figurés;* mais, comme ils ne sont point en usage dans les poulieries, nous nous réservons de les décrire lorsqu'il sera question des procédés ingénieux employés dans la fabrication de ces fragiles colifichets, décorés du nom pompeux de *chefs-d'œuvre du tour.*

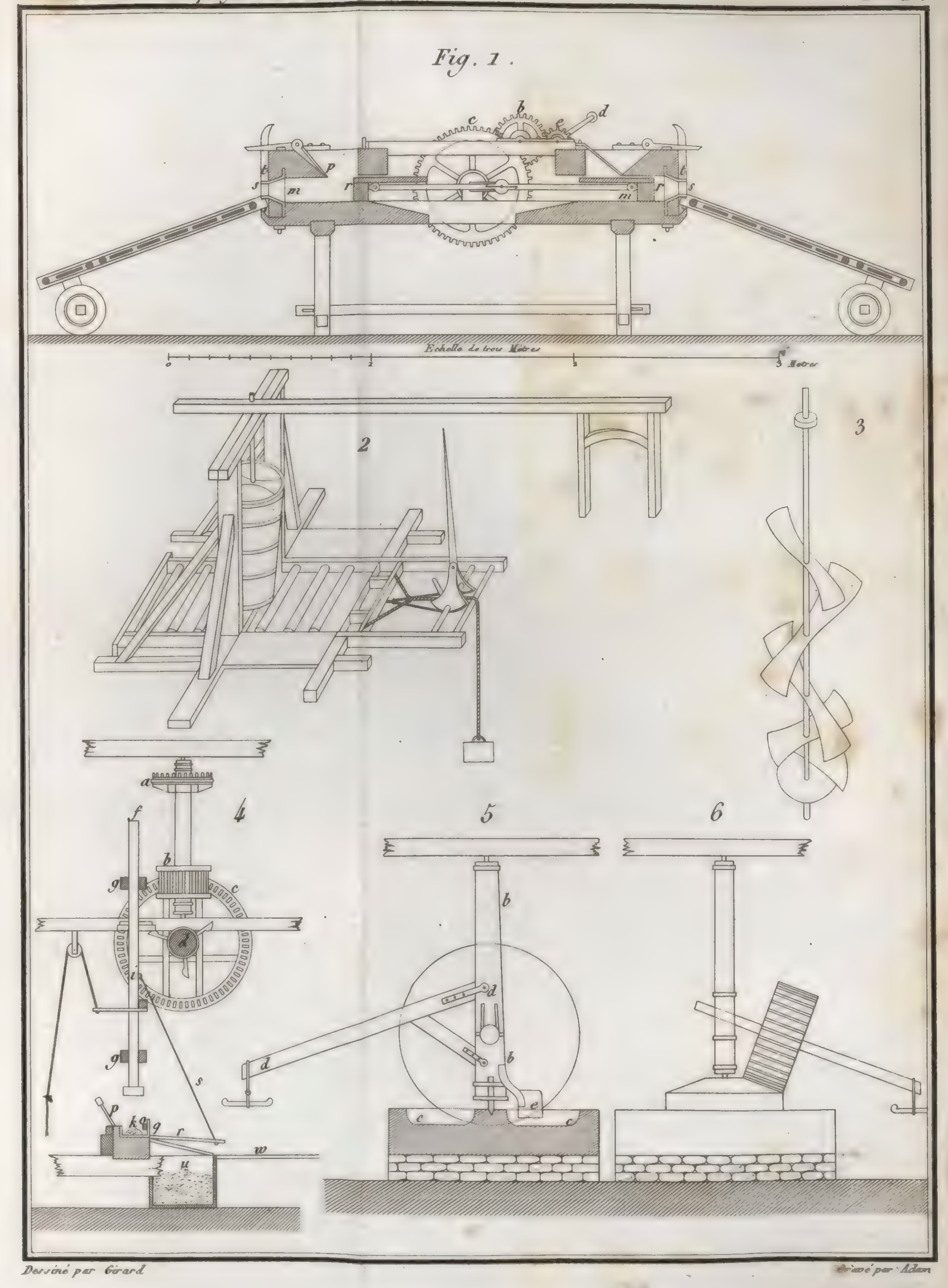
FIN.



Echelle de 11 Millimètres pour Mètre

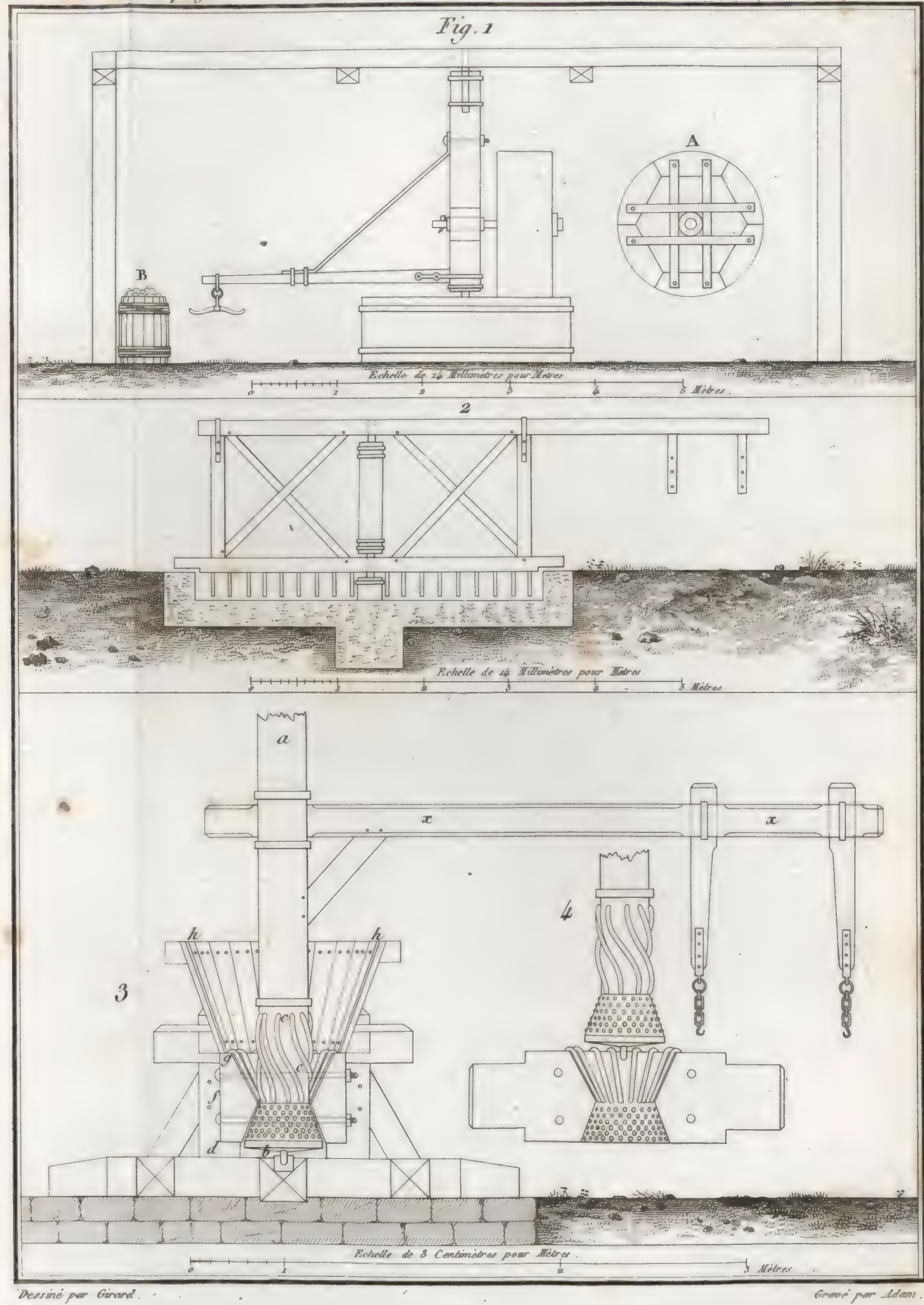
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



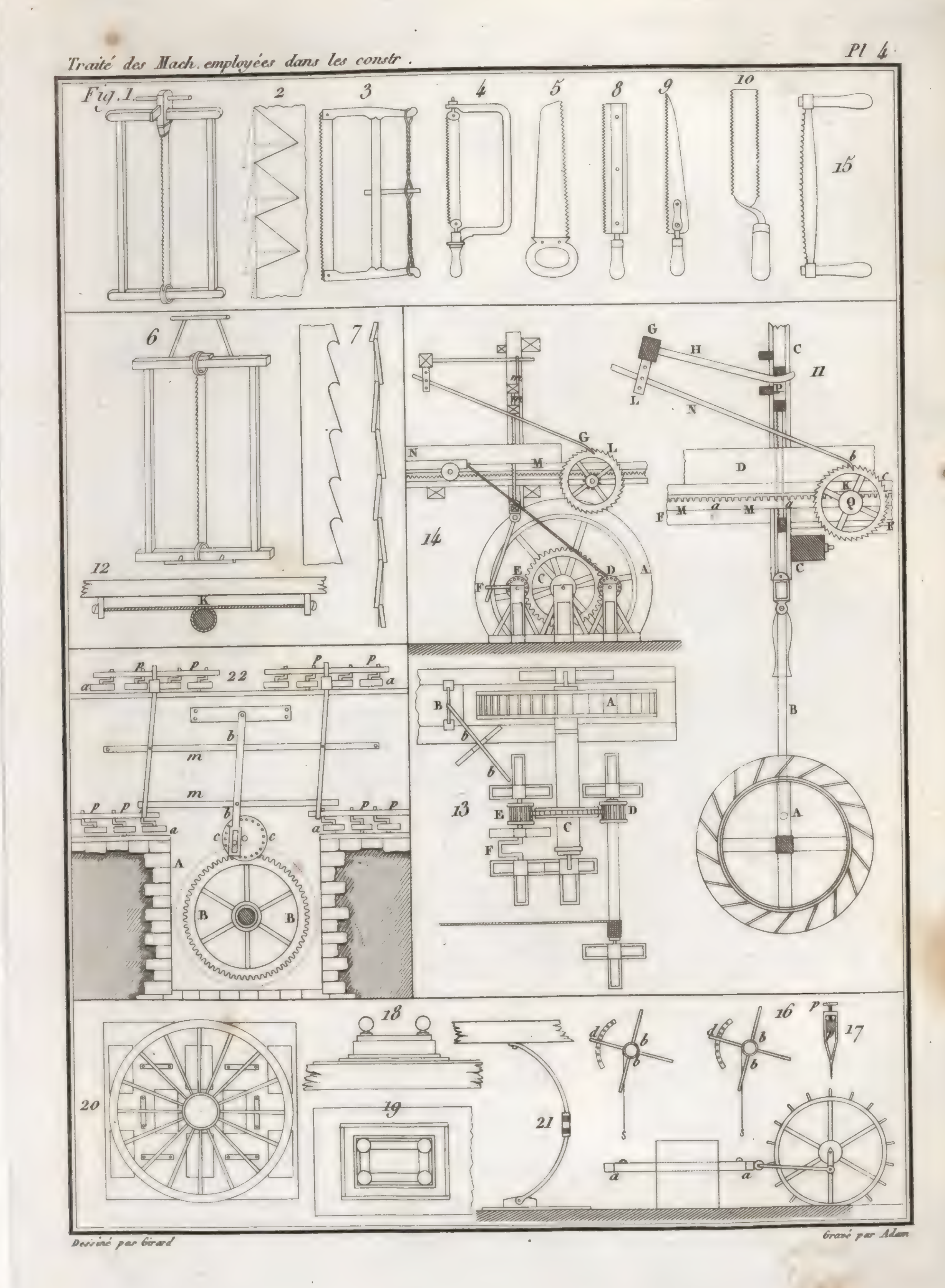
Dessiné par Girard. Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

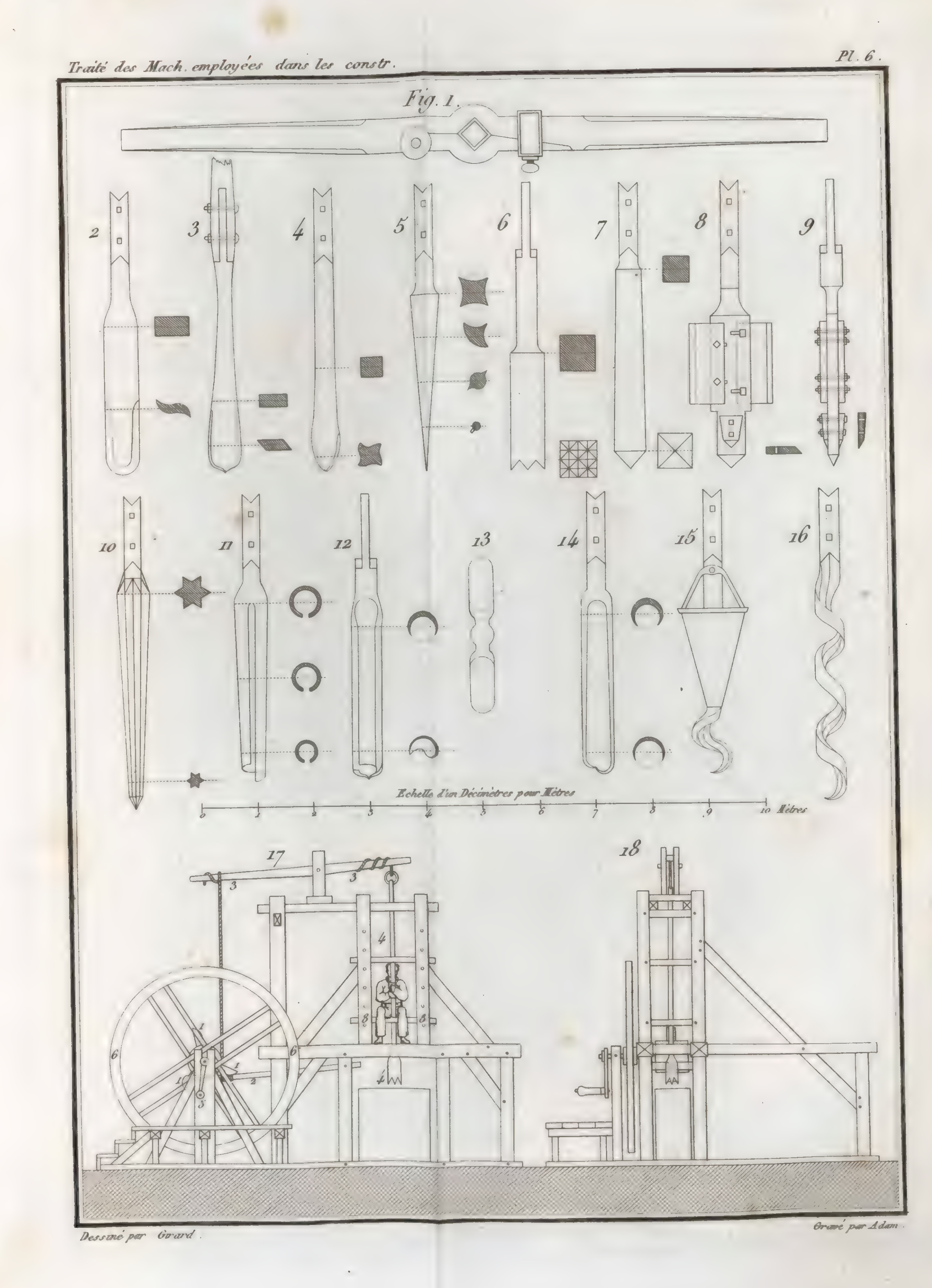
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1. 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Echelle de 6 Centimètres pour Mètre.

10 Mètres

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

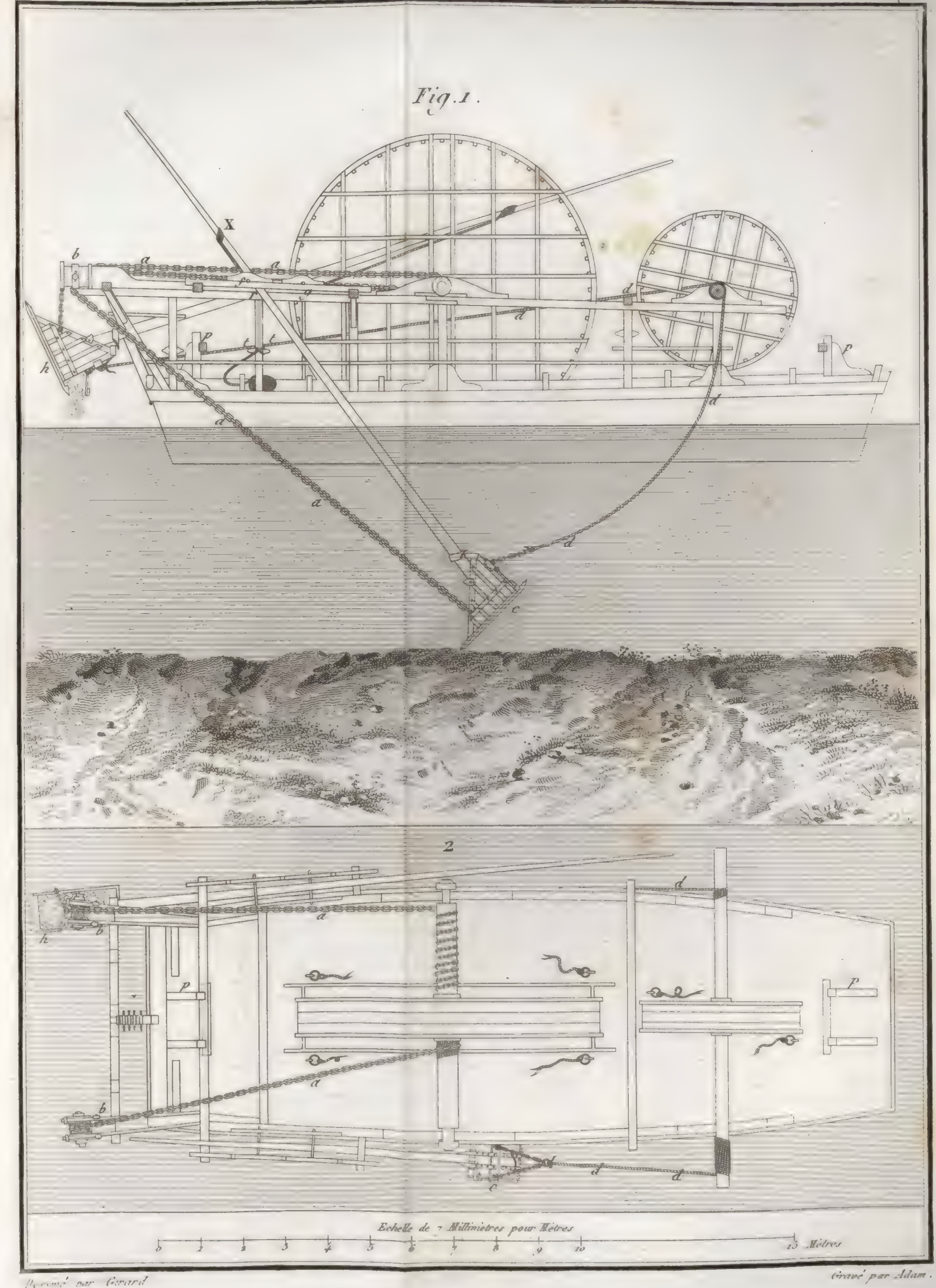
Echelle de 1 Centimètre pour Mètre

Echelle de 80 Millimètres pour Mètre

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
X
2
Echelle de 7 Millimètres pour Mètres
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
15 Mètres
Dessiné par Girard
Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

3

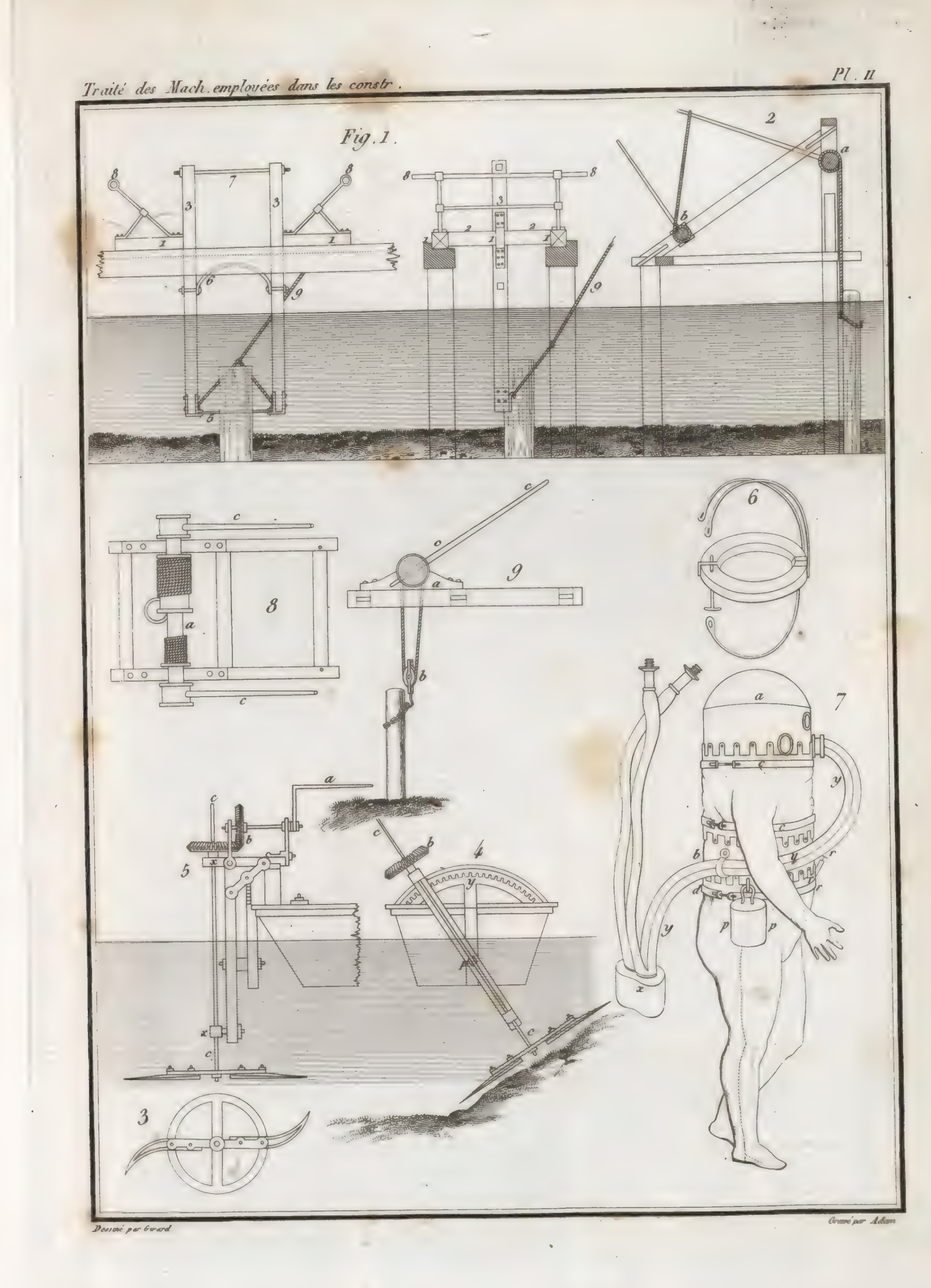
2

Echelle de 5 Millimetres pour Metre

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Mètres

Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

A B a b c d

c

3

a b

5

4

A B

2

A B

Echelle de 15 Millimètres pour Mètres

0 1 2 3 4 5 Mèt.

Dessiné par Girard. *Gravé par Adam*

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

Echelle de 6 Millimètres pour Mètre

0 5 10 15 20 Mètres

2

Echelle de 4 Millimètres pour Mètre

0 5 10 15 20 Mètres

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

2

3

4

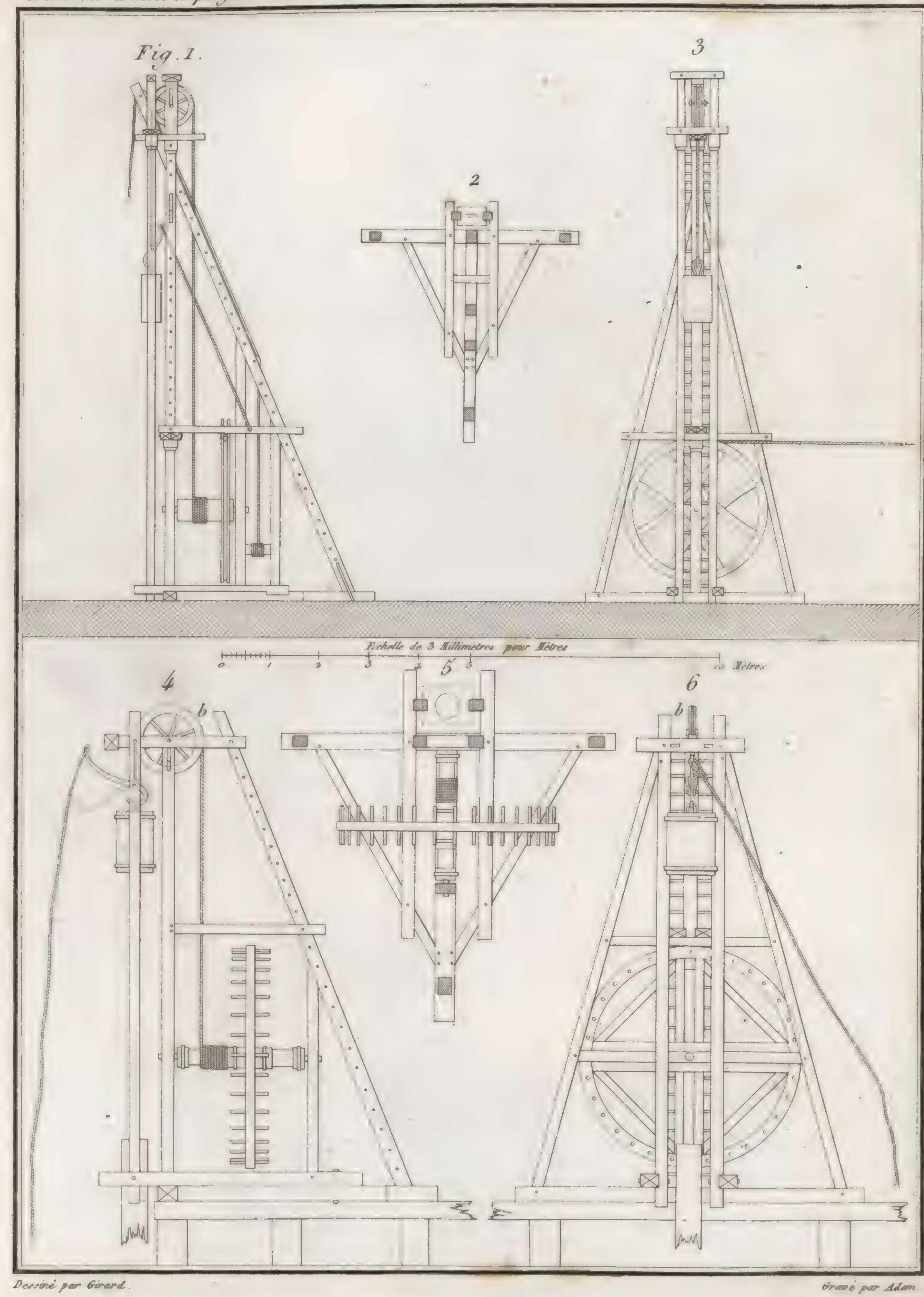
5

6

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard.

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

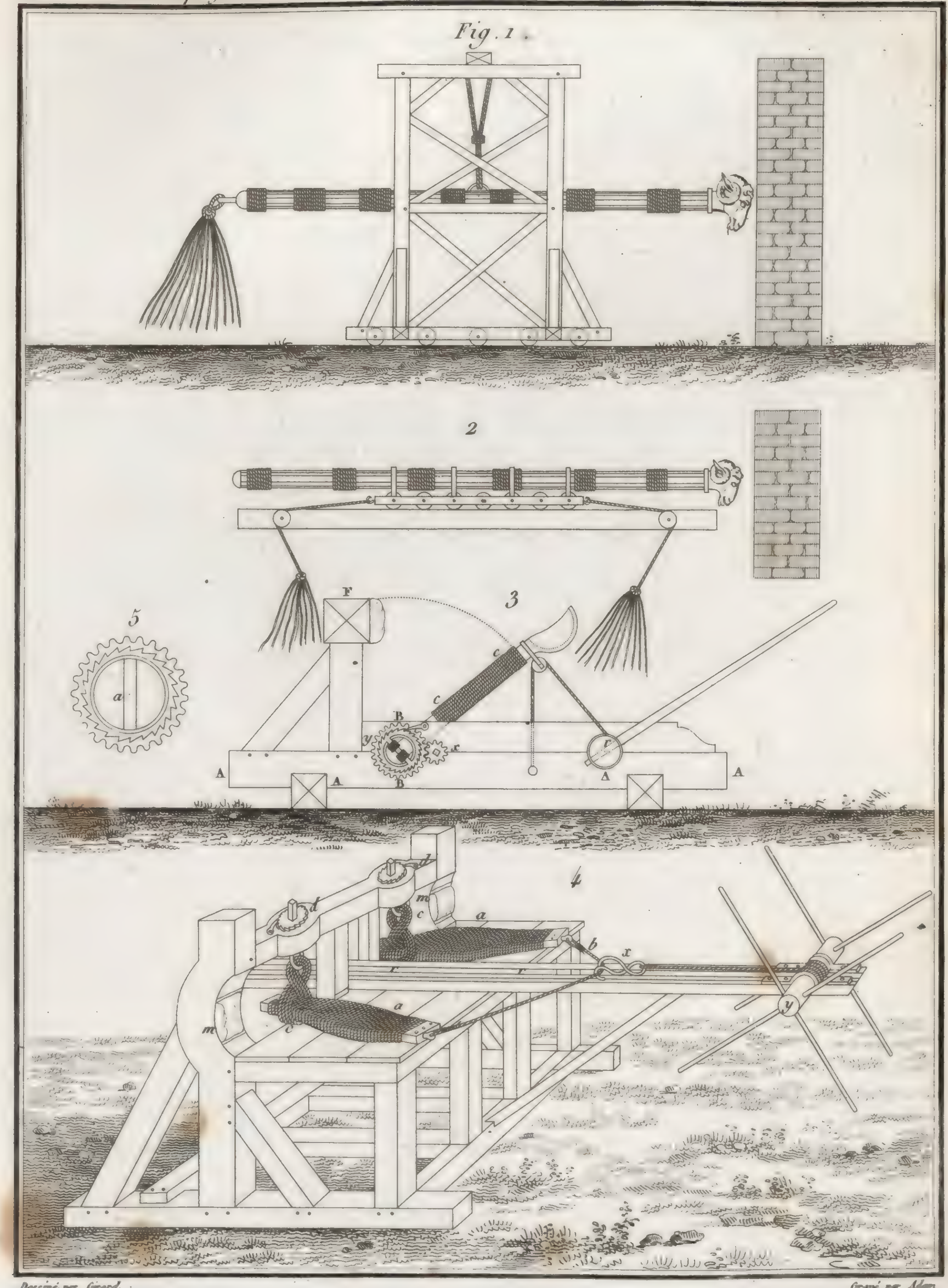
Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

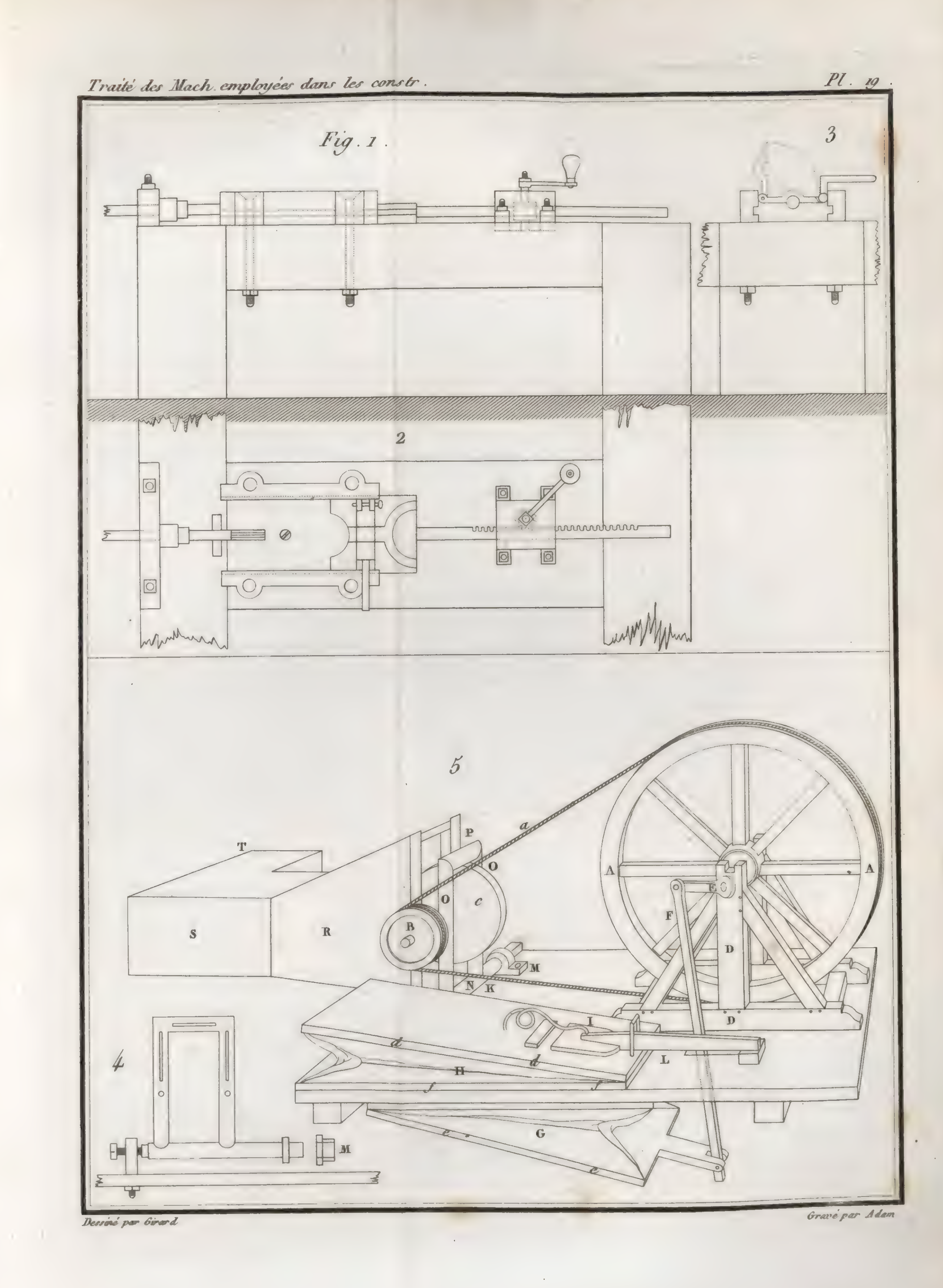
Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged



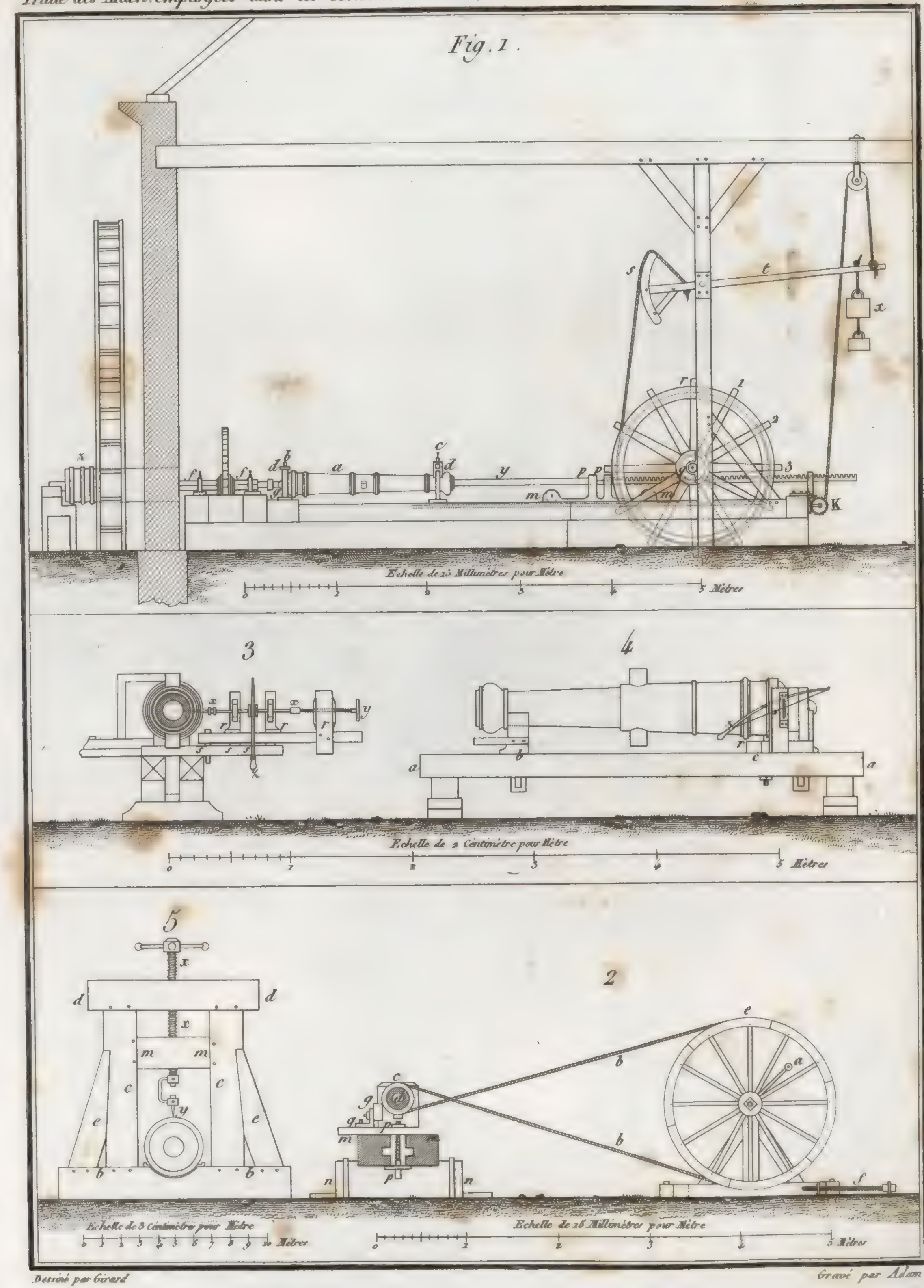
Dessiné par Gerard *Gravé par Adam*

Back of
Foldout
Not Imaged

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

Fig. 1.

Echelle de 2 Centimetres pour Mètre

0 1 2 3 4 5 Mètres

2

Echelle de 2 Centimetres pour Mètre

0 1 2 3 4 5 Mètres

3

Echelle de 4 Centimètres pour Mètre

1 Mètre

4

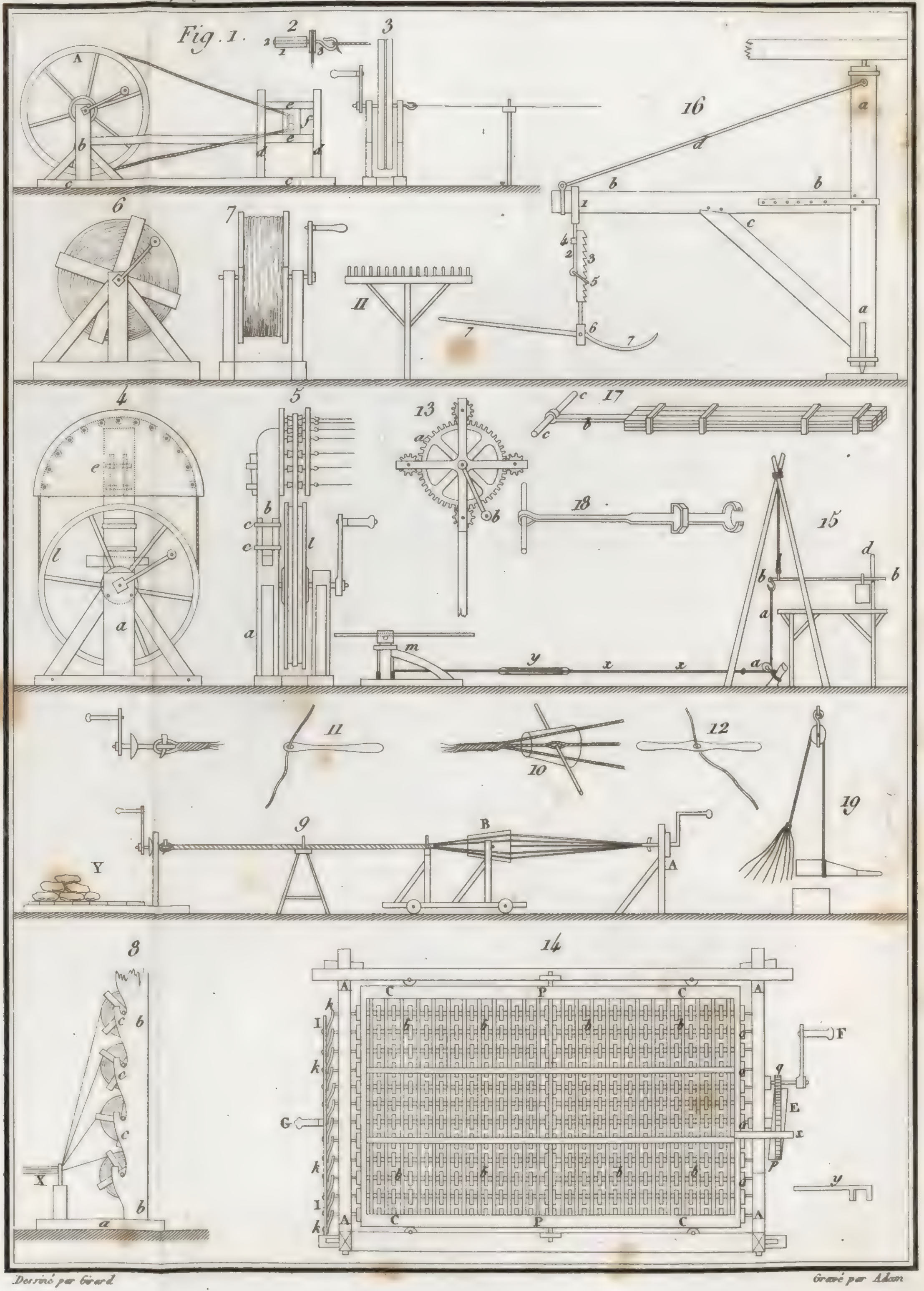
Echelle de [illegible] Millimètres pour Mètre

0 1 2 Mètres

Dessiné par Girard

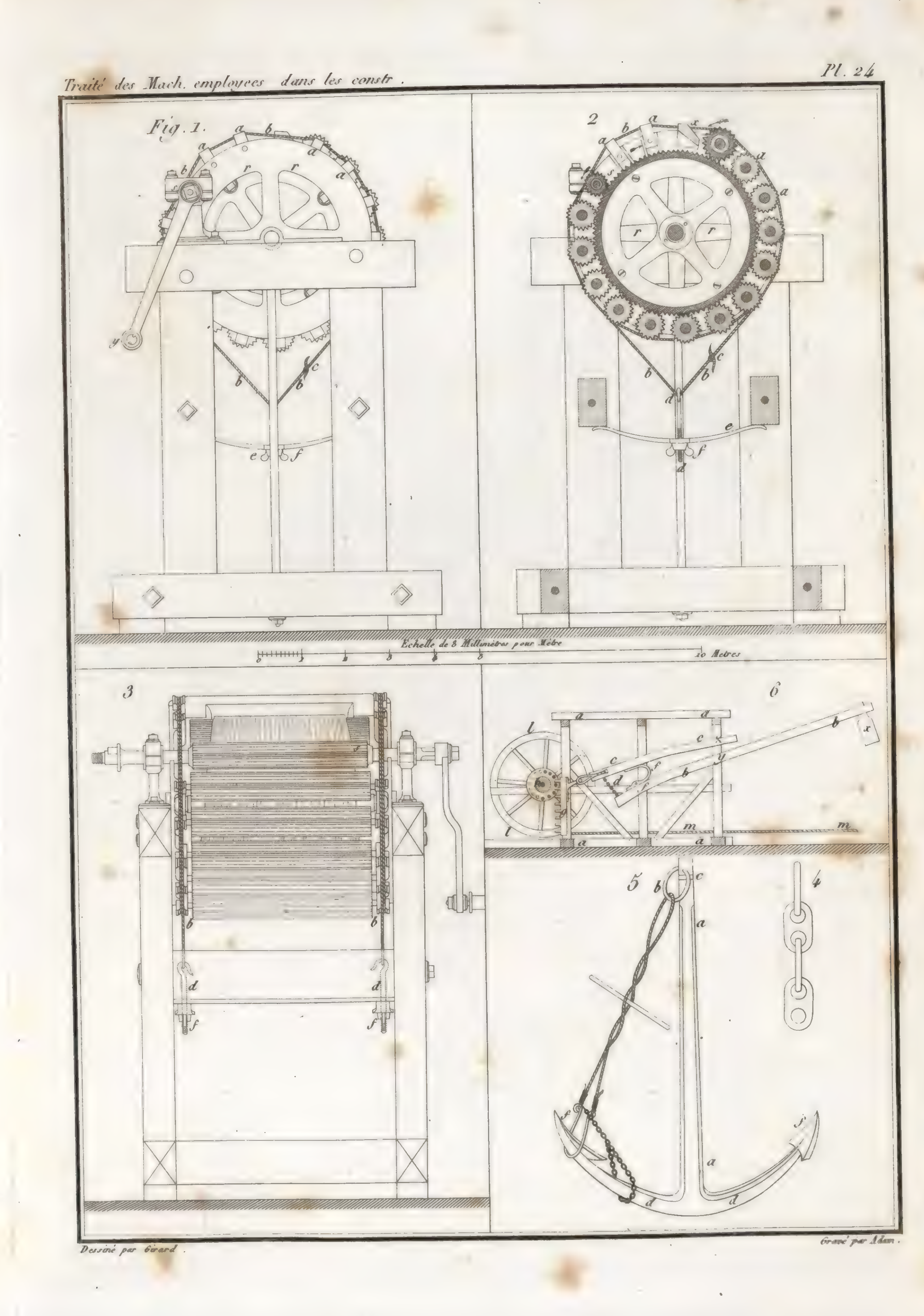
Gravé par [illegible]

Back of
Foldout
Not Imaged



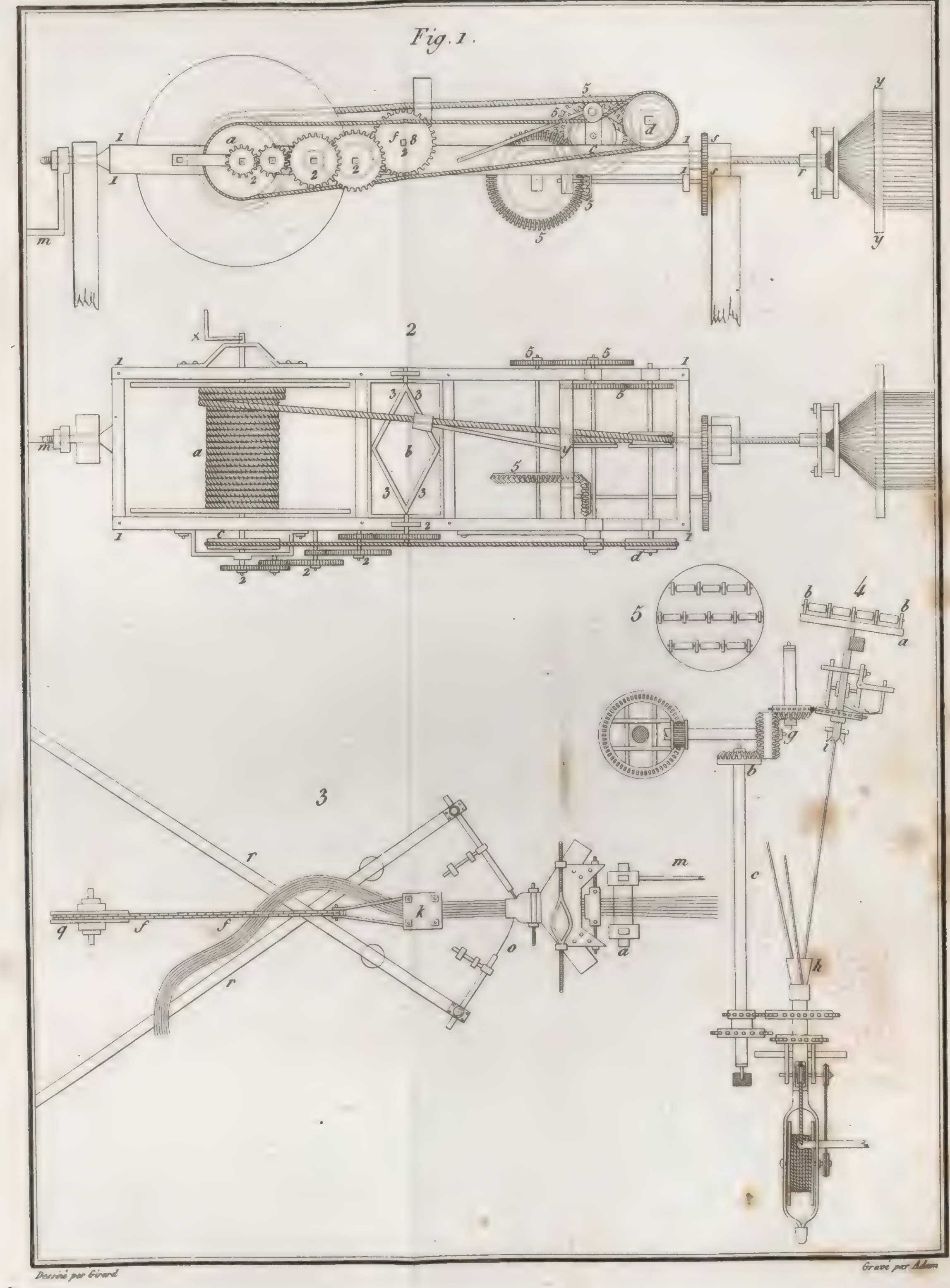
Dessiné par Girard *Gravé par Adam*

Back of
Foldout
Not Imaged



Dessiné par Girard. Gravé par Adam.

Back of
Foldout
Not Imaged


Fig. 1.
2
3
4
5

Back of
Foldout
Not Imaged

Dessiné par Girard

Gravé par Adam

Back of
Foldout
Not Imaged

